

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

- О.В. Гондлях

«_» _ 20 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

на тему: «Піч для виробництва керамзиту з модернізацією приводу»

Виконав:

студент 2 курсу, групи ЛП-82мп

Булах Олександр Сергійович

Керівник:

доц. каф. ХПСМ, к.т.н. Васильченко Г.М

Консультант з розділу модернізація:

доц. каф. ХПСМ, д.т.н. Щербина В.Ю.

Консультант з розділу монтаж та експлуатації:

ст.викл. каф. ХПСМ Борщик С.О.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет

Інженерно-хімічний факультет
(повна назва)

Кафедра Хімічного, полімерного та силікатного машинобудування
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 133- галузеве машинобудування
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Булах Олександр Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)**

1. Тема дисертації Піч для виробництва керамзиту з модернізацією приводу

науковий керівник дисертації доцент, к.т.н. Васильченко Г.М.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження _____

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити _____

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О.		
....			
...			
Загальний	Прізвище, ініціали та посада	модернізація	<i>плагіат</i>
Перевірка	Щербина В.Ю., д.т.н., проф.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1			
2			
3			
...			

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

«Піч для виробництва керамзиту з модернізацією приводу»

Піч для виробництва керамзиту широко застосовуються в промисловості. Найбільше використання обертова піч для виробництва мають в будівельній промисловості. Обертова піч для випалювання керамзиту призначені для випалювання глини з подальшим одержанням готової продукції. Обертова піч для випалювання керамзиту складається з наступних основних складальних одиниць: циліндричного корпусу, приводів, завантажувального і розвантажувального головок, ущільнень холодного та гарячого кінців печі, опорних роліків, опорно-упорних роликів, кожуха венцової пари.

Випал висушених серцевих гранул є найбільш відповідальною технологічною операцією, багато в чому зумовлює якість керамзитового гравію і техніко-економічні показники підприємства.

В дипломному проєкті приведено вибір та обґрунтування модернізації приводу, що значно збільшує річну продуктивність машини, термін служби приводу обертової печі за рахунок зменшення навантаження, що в них виникають. Для цього приводну шестерню замінили на ланцюг, який в свою чергу розповсюджує напруження по вінцевій шестерні рівномірно.

Розрахована залежність зменшення максимального напруження від кількості зубів зачеплення, визначено оптимальне зачеплення ланцюга з вінцевою шестернею. Розраховано напруження, які виникають в момент екстремального гальмування печі в приводній шестерні та ланцюгу.

ОБЕРТОВА ПІЧ, КЕРАМЗИТ, ПРИВОД, ВІНЦЕВА ШЕСТЕРНЯ, ЛАНЦЮГ, ПРИВОДНА ШЕСТЕРНЯ.

РЕФЕРАТ

«Печь для производства керамзита с модернизацией привода»

Печь для производства керамзита широко применяются в промышленности. Наибольшее применение вращающаяся печь для производства имеют в строительной промышленности.

Вращающаяся печь для обжига керамзита предназначены для обжига глины с последующим получением готовой продукции.

Вращающаяся печь для обжига керамзита состоит из следующих основных сборочных единиц: цилиндрического корпуса, приводов, загрузочного и разгрузочного головок, уплотнений холодного и горячего концов печи, опорных роликов, опорно-упорных роликов, кожуха венцовой пары.

Обжиг высушенных сердечных гранул является наиболее ответственной технологической операцией, во многом предопределяет качество керамзитового гравия и технико-экономические показатели предприятия.

В дипломном проекте приведен выбор и обоснование модернизации привода, что значительно увеличивает годовую производительность машины, срок службы привода вращающейся печи за счет уменьшения нагрузки, у них возникают. Для этого приводную шестерню заменили цепь, в свою очередь распространяет напряжения по венечной шестерни равномерно. Рассчитана зависимость уменьшения максимального напряжения от количества зубьев зацепления, определены оптимальное зацепления цепи с коронарной шестерней. Рассчитано напряжения, возникающие в момент экстремального торможения печи в приводной шестерни и цепи.

ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧЬ, КЕРАМЗИТ, ПРИВОД, ВЕНЦОВАЯ ШЕСТЕРНЯ, ЦЕПЬ, ПРИВОДНАЯ ШЕСТЕРНЯ.

ABSTRACT

"Furnace for the production of expanded clay with the modernization of occasion"

Expanded clay furnace is widely used in industry. The rotary kiln for production is most widely used in the construction industry. Expanded clay kiln rotary kiln is intended for clay burning with subsequent production of finished products. The expanded clay kiln rotary kiln consists of the following main assembly units: a cylindrical body, drives, loading and unloading heads, seals of the cold and hot ends of the furnace, supporting rollers, supporting rollers, a crown pair casing.

Firing of dried heart granules is the most critical technological operation, in many respects determines the quality of expanded clay gravel and technical and economic indicators of the enterprise.

In the thesis project, the selection and justification of the drive modernization is given, which significantly increases the annual productivity of the machine, the service life of the drive of the rotary kiln due to the reduction of the load they arise. To do this, the drive gear was replaced by a chain, which in turn spreads the voltage along the ring gear evenly.

The dependence of reducing the maximum stress on the number of teeth of the gear was calculated, the optimal gearing of the chain with the coronary gear was determined. The stresses arising at the time of extreme braking of the furnace in the drive gear and chain are calculated.

ROTATING OVEN, KERAMZYT, DRIVE, WRENCH GEAR, CIRCUIT, DRIVE GEAR.

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

N –	потужність,	Вт;
П –	продуктивність,	т/год;
n –	частота обертання,	об/хв;
ρ –	щільність,	кг/м ³ ;
T –	температура,	°С;
p –	тиск,	Па;
E –	модуль пружності,	Па;
σ –	напруження,	Па;
f –	площа поперечного перерізу,	м ² ;
δ –	товщина футеровки,	мм;
L –	довжина,	м;
D –	діаметр,	м;
P –	навантаження,	Н;
η –	коефіцієнт корисної дії,	
μ –	коефіцієнт Пуассона,	
λ –	коефіцієнт теплопровідності,	Вт/м °С;
α –	коефіцієнт тепловіддачі,	Вт/м ² °С;
U –	прогин,	мм,
V –	швидкість,	м/с;
Q –	теплота,	Дж/м ³ ;

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	11
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧІ.....	13
3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП ДІЇ.....	14
4 МОДЕРНІЗАЦІЯ.....	16
5 РОЗРАХУНКИ	19
5.1 Параметричні розрахунки	19
5.2 Кінематичні розрахунки	19
5.3 Тепловий розрахунок.....	20
5.3.1 Сировина для виробництва керамзитового гравію	20
5.3.2 Тепловий балансу обертової печі	20
5.3.3 Розрахунок терлового балансу обертової печі	21
5.4 Розрахунки на міцність.....	35
5.4.1 Розрахунок корпусу обертової печі	35
5.4.2 Розрахунок корпусу обертової печі на жорсткість	40
5.4.3 Розрахунок бандажа обертової печі	41
5.4.3.1 Визначення реакцій опорних роликів	41
5.4.3.2 Визначення геометричних розмірів бандажа з умови його роботи на вигин і контактну міцність	41
5.4.3.3 Визначення розмірів напольгливих роликів.....	45
5.4.3.4 Визначення діаметра упорного регульовального гвинта	46
6.1 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ.....	47
6.2 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	49
6.2.1 Ідея стартап-проекта	62
6.2.2 Технологічний аудит ідеї стартап-проекту	63
6.2.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	64
6.2.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту	65
6.2.5 Розрахунок витрат на модернізацію.....	66
6.2.5.1 Витрати на виготовлення окремих елементів власними силами.....	66
6.2.5.1.1 Розрахунок собівартості.....	66
6.2.5.2 Витрати на придбання стандартних елементів для модернізації.....	69

6.2.5.3 Розрахунок ціни.	70
6.2.5.4 Витрати на збірково-монтажні роботи.	71
6.2.6 Розрахунок техніко-економічних показників до і після модернізації.....	71
6.2.6.1 Розрахунок повних капітальних витрат по базовому обладнанню	71
6.2.6.2 Річна продуктивність обладнання.....	73
6.2.7 Оцінка ефективності модернізації.	74
6.3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	76
6.3.1 <i>Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів</i>	<i>76</i>
<i>проектованої обертової печі 2.5 × 40 м.....</i>	<i>76</i>
6.3.1.1 <i>Повітря робочої зони.....</i>	<i>76</i>
6.3.1.2 <i>Виробничий шум</i>	<i>77</i>
6.3.1.3 <i>Вібрація</i>	<i>78</i>
6.3.1.4 <i>Небезпека впливу, частин печі що рухаються й обертаються.....</i>	<i>78</i>
6.3.2 <i>Електробезпека</i>	<i>79</i>
6.3.3 <i>Пожежна безпека</i>	<i>81</i>
7 МОДЕРНІЗАЦІЯ.....	83
7.1 РОЗРОБКА 3D В ПРОГРАМІ CATIA.....	83
7.2 РОЗРАХУНОК В СИСТЕМІ ANSYS	88
7.3 ВИСНОВКИ.....	93
ЛІТЕРАТУРА	94

ВСТУП

Обертова піч для випалювання керамзиту широко застосовуються в промисловості. Найбільше використання обертова піч для виробництва мають в будівельній промисловості. Обертова піч для випалювання керамзиту призначені для випалювання глини з подальшим одержанням готової продукції.

Обертова піч для випалювання керамзиту складається з наступних основних складальних одиниць: циліндричного корпусу, приводів, завантажувального і розвантажувального головок, ущільнень холодного та гарячого кінців печі, опорних роліків, опорно-упорних роликів, кожуха венцової пари.

Випал висушених серцевих гранул є найбільш відповідальною технологічною операцією, багато в чому зумовлює якість керамзитового гравію і техніко-економічні показники підприємства.

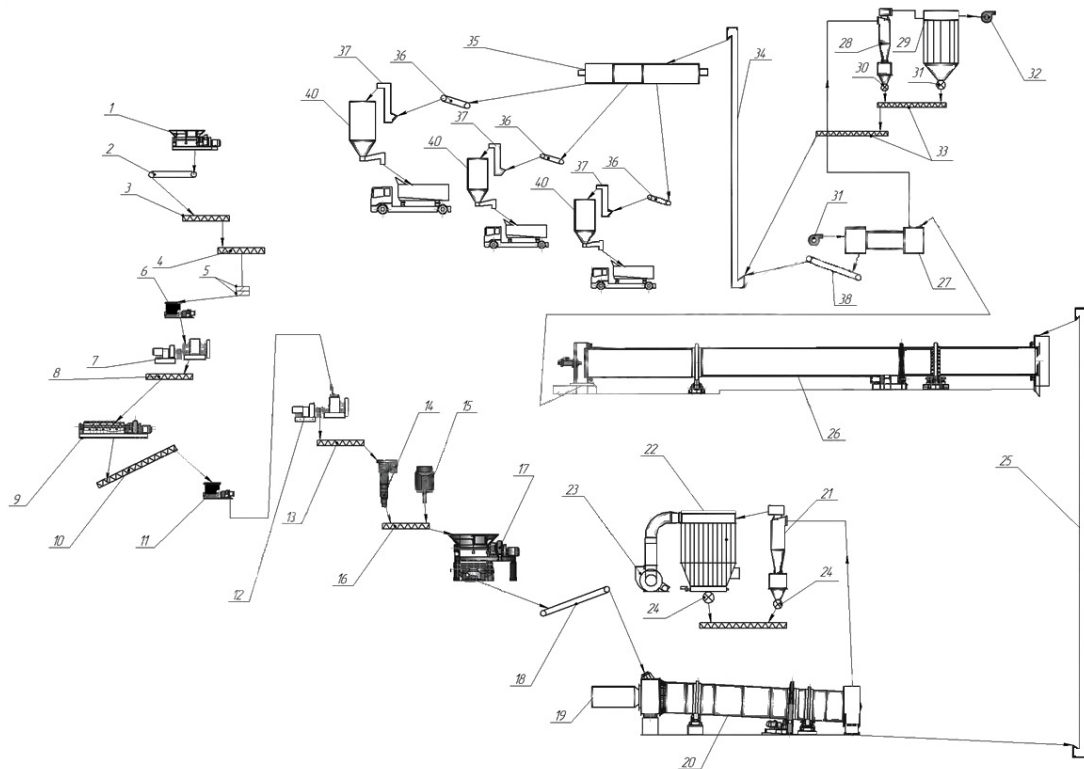
Піч по довжині умовно розбита на ряд зон, у кожній з яких глина, що надходить у піч, по мірі просування від верхнього, холодного, до нижнього, гарячого, кінця печі проходить наступні стадії. У зоні підсушування відбувається випаровування вільної вологи. У наступній зоні підігріву відбувається вигорання органічних речовин і видалення хімічно зв'язаної води з складових глини. Далі зона екзотермічних реакцій. В зоні спікання відбувається спікання з частковим плавленням матеріалу. В зоні охолодження готовий продукт остигає.

Мета роботи – розробка і проектування, згідно з технічним завданням, обертової піч 2,5х40 для випалювання керамзиту, на основі існуючих промислових аналогів; розрахунок і модернізація приводу.

Актуальним є питання модернізації приводу в обертових печах для підвищення надійності роботи і зменшення енергозатрат.

1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Технологічна схема для випалювання керамзиту за допомогою обертової печі 2,5х40 приведена на рис.1.1 .



1 - Подрібнювач глини; 2 - Живильник пластинчастий; 3 - Конвеєр ; 4 - Конвеєр ; 5 - Електромагніт; 6 - Змішувач лопатевий; 7 - Вальці грубого помелу; 8 - Конвеєр; 9 - Змішувач двовальний; 10 - Конвеєр; 11 - Пристрій для розрівнювання шихти; 12 - Вальці тонкого помелу; 13 - Конвеєр; 14 - Прес шнековий; 15 - Живильник шнековий; 16 - Конвеєр; 17 - Подрібнювач; 18 - Конвеєр; 19 - Теплогенератор; 20 - Барабан сушильний; 21 - Циклон; 22 - Фільтр; 23 - Димосос; 24 - Шлюзовий живильник; 25 - Елеватор; 26 - Піч обертова; 27 - Холодильник барабанний; 28 - Циклон; 29 - Фільтр рукавний; 30 - Шлюзовий затвор; 31 - Шлюзовий затвор; 32 - Димосос; 33 - Гвинтовий конвеєр; 34 - Елеватор; 35 - Гравіесортувалка; 36 - Конвеєр; 37 - Елеватор; 38 - Конвеєр; 39 - Силос готової продукції.

Рис. 2.1– Технологічна схема для випалювання керамзиту

Сировину з кар'єру, розташованого поблизу виробництва, доставляють на склад місткістю 3500 м³. Мостовим грейферним краном глину рівномірно розподіляють по площі складу і подають у виробництво.

У підготовчо-формувавальному відділенні встановлено дві лінії переробки сировини і формування серцевих гранул, і лінія підсушування глини з підвищеною кар'єрних вологістю.

Розпушену глину підвищеної вологості направляють спочатку в каменевидні вальці 1, а потім в сушильний барабан. Підсушену глину транспортують стрічковим конвеєром 3,4 в приймальний бункер лінії переробки сировини, де її подрібнюють в вальцях грубого помелу 7, перемішують в глиномішалку 9, в яку при необхідності подають добавку, потім додатково подрібнюють в вальцях тонкого помелу 12 із зазором між валками 1-1, 5мм. Підготовлену масу транспортують в живильник 15 над формою агрегатом, для його безперебійного живлення.

Формування серцевих гранул здійснюють, залежно від технології, на шнековом пресі¹⁴ з гранулюючої приставкою, або в дірчастих вальцях, якщо переробляють суглинки з числом пластичності менше 15, або в площинному грануляторі.

Сформовані гранули обливаються і підсушують в сушильній барабані 20 до вологості не більше 19%, а потім їх транспортують в пічне відділення для випалу в обертовій печі 26, де відбувається їх спучування при температурі 1150-1250 ° С. Після випалу спучені гранули спочатку охолоджуються в печі (приблизно до 900 ... 1000 ° С), а потім в холодильнику 27 до 80 ° С.

Охолоджений керамзит транспортують стрічковими конвеєрами 34,36,38 на склад готової продукції.

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧІ

Продуктивність, м3 / рік	115000
Довжина корпусу печі, м	40
Діаметр внутрішній, м	2,5
Ухил печі,%	3,5
Кількість опор, шт.	2
Число обертів	
від головного приводу, об / хв	2,5
від допоміжного приводу, об / годину	3,1
потужність електродвигунів	
головного приводу, кВт	33
допоміжного приводу, кВт	2,2
Маса, т	110

3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП ДІЇ

Обертові печі призначені для виробництва керамзитового гравію. Обертובה піч складається з наступних основних складальних одиниць: циліндричного корпусу, приводів, завантажувального і розвантажувального головок, ущільнень холодного та гарячого кінців печі, опорних роликів, опорно-упорних роликів, кожуха венцової пари. На рис. 3.1 зображено креслення загального вигляду машини.

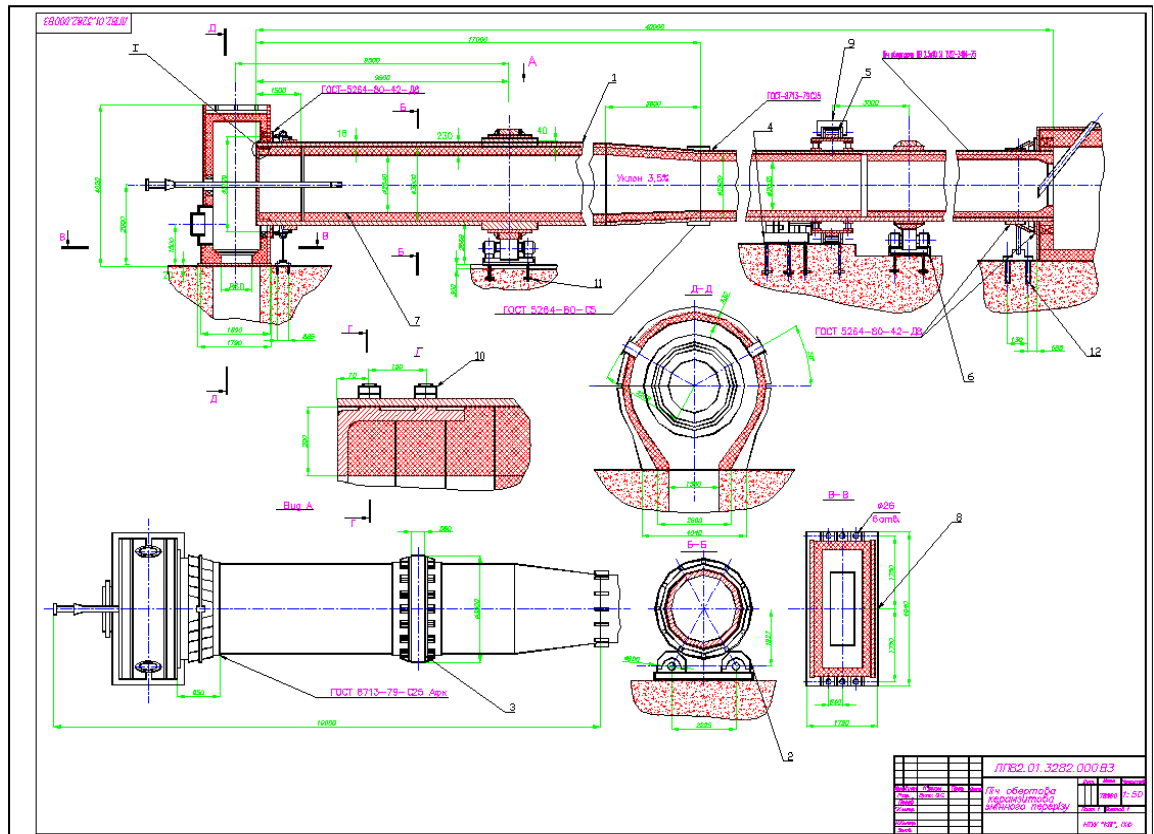


Рис. 3.1– Креслення загального вигляду машини

Корпус обертОВОЇ печі являє собою сталевий барабан, що складається з окремих обичайок. У місцях установки бандажів товщина обичайок збільшена до 30 мм. Корпус печі встановлюється на двох опорах, для яких робляться спеціальні фундаменти. Опори складаються з зварної рами і двох опорних роликів, положення яких регулюється. Для контролю положення корпусу печі в поздовжньому напрямку опора, яка перебуває у приводу, має напольгиві ролики, пристрій для зупинки обертання печі та сигналізацію про неприпустимих осьових переміщеннях печі. Холодний кінець печі входить в

завантажувальну головку, а гарячий - в розвантажувальну головку. Для усунення підсосу повітря головки забезпечені ущільнювачами холодного і гарячого кінців печі. На голівці розвантажувальної встановлюється паливна форсунка. У нижній частині головки є решітка для прокидання спученого керамзиту.

Основний привід призначений для обертання печі під час її роботи, а допоміжний – у процесі розжигу, охолодження і ремонту печі, а також в аварійних випадках. Основний привід складається з відкритої зубчастої передачі, еластичної муфти, редуктора двигуна. Допоміжний привід складається з редуктора, двигуна і гальма, який призначений для зупинки печі в необхідному положенні при ремонтних, футеровочних, монтажних та інших роботах.

З'єднання допоміжного редуктора з головним редуктором здійснюється через кулачкову муфту вільного ходу, завдяки якій надається можливість легкого запуску печі на швидке робоче обертання від допоміжного приводу. Робота обертової печі протікає за принципом протитечії.

Сировинний матеріал, що надійшов в піч через течку завантажувального головки, просувається до розвантажувального кінця печі за рахунок її ухилу і обертання. Під час руху матеріал піддається впливу гарячих газів, що рухаються від пальника назустріч матеріалу. У міру просування матеріалу в зоні гарячих газів відбуваються фізико-хімічні процеси утворення керамзиту.

Випал висушених серцевих гранул є найбільш відповідальною технологічною операцією, яка багато в чому зумовлює якість керамзитового гравію а також технічні та економічні показники конкретного підприємства.

4 МОДЕРНІЗАЦІЯ

Базова конструкція приводу обертової печі Рис. 4.1

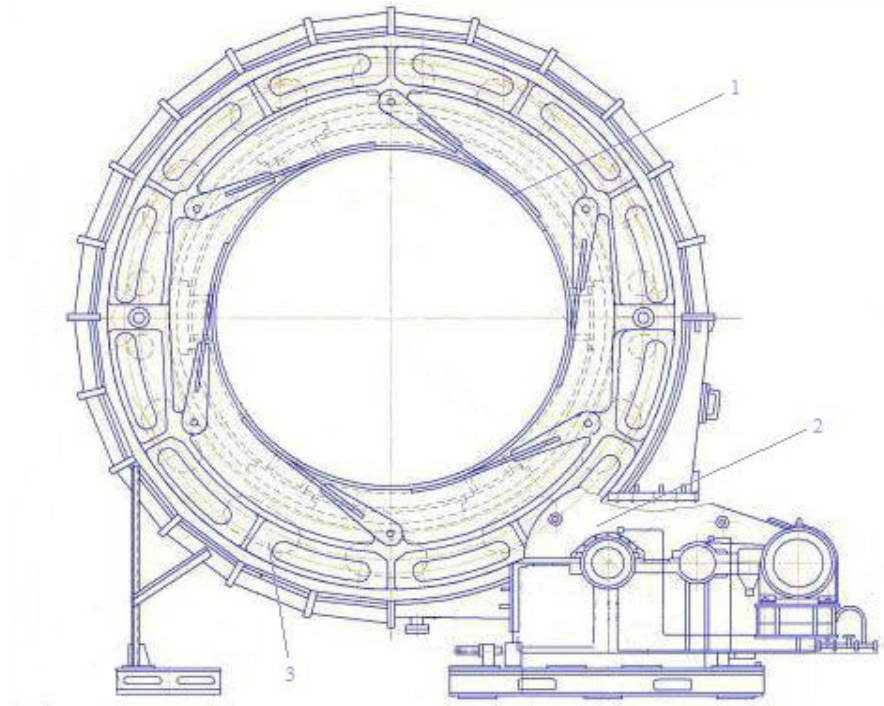


Рис.4.1 – Базова конструкція приводу обертової печі

Недоліками конструкції є: велике зусилля на зубці, що спричиняє зменшення терміну придатності приводу печі. Великі витрати ресурсів та часу на ремонт печі.

З метою ліквідації даних недоліків розглянуто технічні рішення запропоновані в патентах .

Аналіз приведених технічних рішень показав що найбільш доцільно використати в якості базової конструкції приводу печі прототип.

Вирішення задачі досягається тим що привод пристрою обертаючої печі містить встановлене на корпусі вінцеве колесо і кінематично зв'язану з ним провідну ланку, закріплену на станині. Збільшення терміну придатності досягається тим, що провідна ланка виготовлена у вигляді нескінченного гнучкого елемент, змонтованого на з'єднанні шарнірно-станинній рамі. Ось

обертання якої відносно станини перпендикулярна осі обертання вінцевого колеса, при цьому гнучкий елемент виготовлений у вигляді пластичних ланцюгів, на ланках яких жорстко закріплені зубці з робочим профілем, відповідним профілю внутрішнього евольвентного зачеплення з однаковими діаметрами ділільних кіл Рис. 4.2.

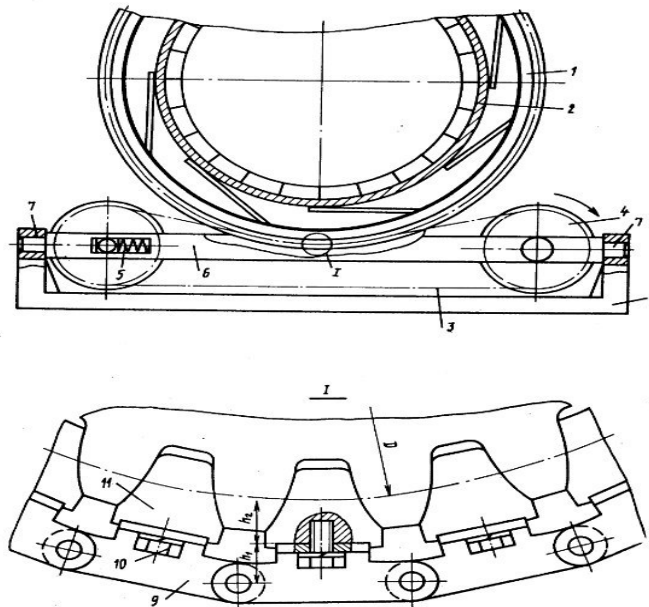


Рис.4.2 – Модернізований привід обертової печі

Привод обертаючої печі використовується наступним чином. Вінцеве колесо 1, закріплено на корпусі печі 2, нескінченного гнучкого елемента 3, приводних зірочок 4 і натяжного механізму 5, встановленого на рамі 6, з'єднаної за допомогою шарнірів 7 зі станиною 8. Привідні зірочки 4 з'єднані з допомогою муфти і редуктора з електродвигуном приводу.

Крутний момент від електродвигуна через редуктор і муфту передається на привідні зірочки 4, які входять в зачеплення з дзвіном гнучкого елемента 3 і приводять його у рух.

Розглядається прототип конструкції привода печі. Вінцеву шестерню приводить в рух гнучкий ланцюг - це і є тим доцільним рішенням, що пропонується. Пропонований привід обертової печі буде тим, що дозволить

зменшувати напруження у вінцевих шестернях та забезпечити рівномірність їх навантаження що значно підвищить надійність її роботи та термін експлуатації.

Аналіз приведених технічних рішень конструкції привода печі прототип. Конструкція приводу, що пропонується, має таку будову: ведуча шестірня у приводі встановлена із можливістю руху зубчастого вінця через проміжну передачу. Пропонований привід обертової печі дозволить зменшити напруження на зуби що дозволить підвищити надійність роботи.

Аналіз приведених технічних рішень конструкції привода печі, прототип: запропонована конструкція приводу, де опорний елемент виконаний з можливістю забезпечення, щонайменше, одноосного, переважно двухосного, зміщення передавального механізму. Пропонований привід обертової печі дозволяє компенсувати биття що дозволяє підвищити надійність роботи та термін її експлуатації.

Розглядається прототип конструкції привода печі. Винахід відноситься до приводу обертової печі, тихохідна передача виконана планетарно, водило якої виконано нерухомо, корона - рухомий і встановлена на одному сферичному підшипнику, а кожен сателіт встановлено на двох підшипниках. Запобігає збудженню частот власних коливань будь-якими приводними компонентами в діапазоні робочої частоти обертання що підвищити надійність роботи.

Аналіз приведених технічних рішень конструкції привода печі (прототип). Застосування пропонуємого приводу полягає в тому, що ширина зубчастого колеса передавального механізму, що входить в зачеплення з приводний шестернею, менше ширини приводної шестерні. Пропонований привід обертової печі дозволяє зменшити напруження на зуби що дозволяє підвищити надійність роботи.

5 РОЗРАХУНКИ

5.1 Параметричні розрахунки

Визначення геометричних розмірів за допомогою емпіричних формул

Визначимо добову продуктивність:

$$G_T = \frac{24 \cdot G}{1000} = \frac{24 \cdot 19027,6}{1000} = 456,67 \text{ т / сутки.}$$

Діаметр обертової печі:

$$D = 0,4542 \cdot G_T^{0,34} = 0,4542 \cdot 456,67^{0,34} = 2,5 \text{ м.}$$

Довжина обертової печі:

$$L = 2,59 \cdot G_T^{0,447} = 2,59 \cdot 456,67^{0,447} = 40 \text{ м.}$$

5.2 Кінематичні розрахунки

Визначення потужності обертової печі

Визначимо число оборотів обертової печі:

$$n = \frac{0,06 \div 0,13}{\sqrt{D}};$$

$$n = \frac{0,06 \div 0,13}{\sqrt{2,5}} = 0,29 \text{ об / с.}$$

Приймаємо $n=0,3$ об/с.

Потужність для обертання обертової печі:

$$N = 0,0013 \cdot D^3 \cdot L \cdot \rho_{CP} \cdot n \cdot \varphi;$$

$$N = 0,0013 \cdot 2,5^3 \cdot 40 \cdot 2431 \cdot 0,1 \cdot 0,2 = 3,95 \text{ кВт}.$$

5.3 Тепловий розрахунок

Як правило керамзит виробляють в печах 2,5х40м, обпалюючи сиповину при високих температурах для її подальшого спікання. Обертова піч для випалювання керамзиту складається з наступних основних складальних одиниць: циліндричного корпусу, приводів, завантажувального і розвантажувального головок, ущільнень холодного та гарячого кінців печі, опорних роліків, опорно-упорних роликів, кожуха венцової пари.

Випал висушених серцевих гранул є найбільш відповідальною технологічною операцією, багато в чому зумовлює якість керамзитового гравію і техніко-економічні показники підприємства.

5.3.1 Сировина для виробництва керамзитового гравію

Для виробництва керамзиту гравію випалюють легкоплавкі глинисті породи, що спучуються при високому тепловому потоку. Вміст оксидів в добре спучуваній глинистій сировині, %:

SiO₂ 50...55; Al₂O₃ 15...25; Fe₂O₃+FeO 6,5...10; CaO до 3; MgO до 4; Na₂O+K₂O 3,5...5.

Температура спучування повинна бути не більше 1250 ° С, а інтервал спучування - не менше 50 ° С.

5.3.2 Тепловий балансу обертової печі

Схема теплового балансу обертової печі.

Прибуткові статті балансу:

1. Теплота, яку вносить сирцем.
2. Теплота від палива.
3. Теплота від горіння палива.
4. Теплота повітря, що потрапляє до форсунки.
5. Теплота холодного повітря з холодильника.
6. Теплота зі щилин.

Витратні статті балансу:

1. Витрати на випаровування вологи.
2. Витрати на хімічні процеси.
3. Втрати тепла з сировиною, що на вивантажується.
4. Втрати в навколишнє середовище.
5. Втрати тепла з газами, що відходять.
6. Втрати тепла з хімічним недопалом.

Розраховуємо скільки потрібно спалити палива на 1 кг керамзиту за одну годину.

5.3.3 Розрахунок терлового балансу обертової печі

Для розрахунку потрібно визначити скільки кг повітря треба для повного спалювання 1 кг палива та продуктів горіння.

Розрахунок горіння мазуту

Визначасмо об'єм повітря, теплопровідність і кількість продуктів горіння.

Мазут складається з таких хімічних елементів, %:

C ^r	H ^r	S ^r	N ^r	O ^r	Σ
87,2	11,7	0,5	0,4	0,2	100

Вміст золи $A^r = 0,1\%$, вміст вологи $W^r = 2\%$.

Розрахуємо корисну масу пального:

$$C^p = C^e \times \frac{100 - (A^p + W^p)}{100} = 87,2 \times \frac{100 - (0,1 + 2)}{100} = 85,4\% ;$$

$$H^p = H^e \times \frac{100 - (A^p + W^p)}{100} = 11,7 \times \frac{100 - (0,1 + 2)}{100} = 11,45\% ;$$

$$S^p=0,49; N^p=0,39; O^p=0,19.$$

Корисна маса пального, %:

C ^p	H ^p	S ^p	N ^p	O ^p	A ^p	W ^p	Σ
85,4	11,45	0,49	0,39	0,19	0,2	2	100

Теплоту горіння пального розрахуємо за формулою (1):

$$Q_n^p = 339C^p + 1030H^p - 108,9(O^p - S^p) - 25W^p = 339 \times 85,4 + 1030 \times 11,45 - 108,9(0,19 - 0,49) - 25 \times 2 = 40726,77 \text{ кДж / кг}.$$

Кількість необхідного сухого повітря для горіння при коефіцієнті надлишку $\alpha = 1$ визначається за формулою:

$$L_0 = 0,0889C^p + 0,265H^p - 0,0333(O^p - S^p) \text{ нм}^3 / \text{кг},$$

Де C^p, H^p, O^p, S^p - вміст в робочому пальному хімічних елементів, %.

$$L_0 = 0,0889 \times 85,4 + 0,265 \times 11,45 - 0,0333(0,19 - 0,49) = 10,636 \text{ нм}^3 / \text{кг}.$$

Атмосферне повітря має певну кількість вологид г/кг сухого повітря. Для визначення вологості повітря при d = 10 г/кг сухого повітря розраховується за формулою:

$$L_0^* = (1 + 0,0016d) \times L_0 = (1 + 0,0016 \times 10) \times 10,636 = 10,806 \text{ нм}^3 / \text{кг}.$$

Кількість повітря при коефіцієнті надлишку в корені форсунки $\alpha_1 = 1,17$:

Сухого повітря

$$L_{\alpha} = 10,636 \times 1,17 = 12,444 \text{ нм}^3 / \text{кг};$$

Атмосферного повітря

$$L_{\alpha}^* = 10,806 \times 1,17 = 12,643 \text{ нм}^3 / \text{кг}.$$

Кількість і склад продуктів паливного горіння при коефіцієнті $\alpha_1 = 1,17$ знаходимо за формулами:

$$V_{CO_2} = 0,01855C^p = 0,01855 \times 85,4 = 1,584 \text{ нм}^3 / \text{кг};$$

$$V_{SO_2} = 0,007S^p = 0,007 \times 0,49 = 0,00343 \text{ нм}^3 / \text{кг};$$

$$V_{N_2} = 0,79L_{\alpha} + 0,008N^p = 0,79 \times 12,444 + 0,008 \times 0,39 = 9,834 \text{ нм}^3 / \text{кг};$$

$$\begin{aligned} V_{H_2O} &= 0,112H^p + 0,0124W^p + 0,0016dL_{\alpha} = 0,112 \times 11,45 + 0,0124 \times 2 + 0,0016 \times 10 \times 12,444 = \\ &= 1,506 \text{ нм}^3 / \text{кг}; \end{aligned}$$

$$V_{O_2} = 0,21(\alpha_1 - \alpha)L_0 = 0,21(1,17 - 1)10,636 = 0,379 \text{ нм}^3 / \text{кг}.$$

Всього сухих газів:

$$V_r^c = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2} + V_{O_2} = 1,584 + 0,00343 + 9,834 + 0,379 = 11,8 \text{ нм}^3 / \text{кг}.$$

Загальна кількість продуктів горіння при $\alpha_2 = 1,95$:

$$V_{\alpha} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2} + V_{O_2} + V_{H_2O} = 1,584 + 0,00343 + 9,834 + 0,379 + 1,506 = 13,306 \text{ нм}^3 / \text{кг}.$$

Склад % продуктів паливного горіння при $\alpha_2 = 1,95$:

$$CO_2 = \frac{1,584 \times 100}{13,306} = 11,9\% ;$$

$$SO_2 = \frac{0,00343 \times 100}{13,306} = 0,026\% ;$$

$$H_2O = 11,32\% ;$$

$$N_2 = 73,9\% ;$$

$$O_2 = 2,82\% .$$

Сума продуктів горіння 100%.

Таблиця 1 - Баланс процесу горіння палива

Прихід	%	кг	Витрата	%	кг
Паливо-мазут	5,84	100			
Повітря:			Продукти горіння:		
$O_2 = 100 \times 12,444 \times 0,21 \times 1,429$	21,7	373,43	$CO_2 = 100 \times 1,584 \times 1,977$	18,21	313,16
$N_2 = 100 \times 12,444 \times 0,79 \times 1,251$	71,53	1229,83	$H_2O = 100 \times 1,506 \times 0,804$	7,04	121,08
$H_2O = 100 \times 12,444 \times 0,0016 \times 10 \times 0,804$	0,93	16	$N_2 = 100 \times 9,834 \times 1,251$	71,54	1230,23
			$SO_2 = 100 \times 0,00343 \times 2,926$	0,06	1
			$O_2 = 100 \times 0,379 \times 1,429$	3,15	54,16
			Невязка:		

			$(100 \cdot 0,37)/1719,63=0,02$	0,02	0,37
Разом	100	1719,26	Разом	100	1719,63

Початкові дані

Діаметр печі 2,5 м, довжина 2,5 м; паливо для печі - мазут, формувальні вологість сировинни $W = 22\%$, вологість гранул на виході з сушилки $W_c = 7,5\%$, температура сировинни при завантаженні в піч $t_c = 66^\circ\text{C}$, температура готової продукції $t_k = 830^\circ\text{C}$, температура газів $t_{ог} = 430^\circ\text{C}$, температура повітря, що подається в форсунку $t_v = 200^\circ\text{C}$, насипна щільність готової продукції $450\text{кг} / \text{м}^3$, маса сировини, що потрапляє в завантажувальний лоток $G_c = 6562,94 \text{ кг} / \text{год}$, хімічний склад сировинни, %: $\text{CaO}- 0,93$; $\text{MgO}- 4$; ППП- 7,7.

прихід тепла

1. Від горіння пального:

$$Q_1'' = Q_1^a \times B = 40726,77 B \text{ кДж},$$

де B - Годинна витрата пального, м^3 або кг .

2. Тепло, що вноситься пальним:

$$Q_2'' = B \times C_T \times t_T = B \times 1,932 \times 75 = 144,9 B \text{ кДж},$$

Де C_T - питома теплоємність пального, $\text{кДж}/\text{кг}^\circ\text{K}$; t_T - температура пального, $^\circ\text{C}$; $t_T=75^\circ\text{C}$.

Питома теплоємність:

для мазуту

$$C_T=4,2(0,415+0,0006 t_T)=4,2(0,415+0,0006 \times 75)=1,932, \text{ кДж}/\text{кг}^\circ\text{K}.$$

3. Тепло, що вноситься сировиною:

$$Q_3^{\text{II}} = G_C \times C_C \times t_C = 6562,94 \times 66 \times 1,169 = 506357,07 \text{ кДж},$$

Де G_C - маса сировини:

$$G_C = \frac{P_x^K}{\text{фондчасу}} \times (\rho_{\text{н сирцю}} + \rho_{\text{н керамз}}) = \frac{100000}{365 \times 0,9 \times 24} \times (450 + 68,4) = 6562,94 \text{ кДж};$$

$$\rho_{\text{н сирцю}} = \rho_{\text{н керамз}} \times (ППП + W_C) = 450 \times (0,077 + 0,075) = 68,4 \text{ кг/м}^3;$$

C_C - питома теплоємність сировини, кДж/кг*К:

$$C_C = 0,924 \frac{100 - W_C}{100} + 4,2 \frac{W_C}{100} = 0,924 \frac{100 - 7,5}{100} + 4,2 \frac{7,5}{100} = 1,169 \text{ кДж/ кг*К}.$$

4. Фізична теплота повітря, що подається на форсунку:

$$Q_4^{\text{II}} = B \times V_B^O \times \alpha_1 \times t_B \times C_B = B \times 10,806 \times 1,17 \times 200 \times 1,344 = 3398,44B \text{ кДж},$$

Де C_B - питома теплоємність повітря 1,344 кДж/м³*К;

V_B^O - об'єм повітря, необхідний для горіння 1 кг пального. З розрахунку горіння пального для $\alpha = 1$; t_B - температура повітря, що подається на форсунку. Прийнята $t_B = 200^\circ\text{C}$.

5. Теплота зі щилин:

$$Q_5^{\text{II}} = B \times V_B^O \times (\alpha_2 - \alpha') \times t_B^0 \times C_B = B \times 10,806 \times (1,95 - 1,5) \times 20 \times 1,344 = 130,7B \text{ кДж},$$

Де α' - коефіцієнт надлишку повітря з вивантажувального лотка, 1,4...1,5.

6. Фізична теплота повітря з холодильника:

$$Q_6^G = B \times V_B^0 \times (\alpha' - \alpha_1) \times t_B' \times C_B = B \times 10,806 \times 0,28 \times 160 \times 1,344 = 650,64B \text{ кДж},$$

Де t_B' - температура повітря з холодильника, рівна 150...180°C.

Витрати тепла

На випаровування води

$$Q_1^P = \Pi_x^K \times G_{H_2O}^F \times 2499 = 5697 \times 0,087 \times 2499 = 1238601,86 \text{ кДж},$$

Де 2499- теплота пароутворення води при 0 °С, кДж/кг; Π_x^K - годинна продуктивність печі по виробництві керамзиту, кг; $G_{H_2O}^F$ - обсяг води, що виділяється при випалюванні сировини, що припадає на 1 кг готової продукції, кг.

Визначаємо Π_x^K . При насипної щільності готової продукції $\rho_n = 450 \text{ кг/м}^3$ и продуктивності обертової печі 12,66 м³/ч

$$\Pi_x^K = 450 \times 12,66 = 5697 \text{ кг/ч},$$

$$G_{H_2O}^F = G_F^W - G_F^C,$$

Де G_F^C - витрата абсолютно сухої сировини на 1 кг готової продукції.

$$G_F^C = \frac{100}{100 - \text{ППП}} = \frac{100}{100 - 7,7} = 1,083 \text{ кг/кг}.$$

Витрата сировини на 1 кг готової продукції

$$G_F^W = \frac{G_F^C}{100 - W_C} \times 100 = \frac{1,083}{100 - 7,5} \times 100 = 1,17 \text{ кг/кг},$$

Тоді $G_{H_2O}^F = 1,17 - 1,083 = 0,087 \text{ кг/кг}$ готової продукції.

1. На хімічні реакції:

2.1. на розкладання CaCO_3 .

$$Q_{2.1}^P = \Pi_x^K \times G_{\text{CaCO}_3} \times 1587,6 = 5697 \times 0,0179 \times 1587,6 = 161897,57 \text{ кДж},$$

Де 1587,6- декарбонізація CaCO_3 , кДж/кг.

$$G_{\text{CaCO}_3} = \frac{\text{CaCO}_3}{100} \times G_r^C; \quad \text{CaCO}_3 = \frac{\text{CaO} \times 100}{56} = \frac{0,93 \times 100}{56} = 1,66,$$

Де CaO- вміст оксиду кальцію в сировині, %;

100 моль CaCO_3 ; CaO- 56.

$$G_{\text{CaCO}_3} = \frac{1,66}{100} \times 1,083 = 0,0179.$$

1.2. Розкладання MgCO_3 :

$$Q_{2.2}^P = \Pi_x^K \times G_{\text{MgCO}_3} \times 1318,8 = 5697 \times 0,09 \times 1318,8 = 676188,32 \text{ кДж},$$

Где 1318,8- декарбонізація MgCO_3 , кДж/кг.

$$G_{\text{MgCO}_3} = \frac{\text{MgCO}_3}{100} \times G_r^C; \quad \text{MgCO}_3 = \frac{\text{MgO} \times 84,32}{40,32} = \frac{4 \times 84,32}{40,32} = 8,36,$$

Где MgO- вміст оксиду кальцію в сировині, %;

84,32- моль MgCO_3 , 40,32- моль MgO.

$$G_{\text{MgCO}_3} = \frac{8,36}{100} \times 1,083 = 0,09.$$

1.3. Дегідратація глинистих матеріалів:

$$Q_{2.3}^P = \Pi_x^K \times G_{H_2O}^X \times 6720 = 5697 \times 0,028 \times 6720 = 1071947,52 \text{ кДж},$$

Де 6720- ендотермічний ефект дегідратації, кДж/кг; $G_{H_2O}^X$ - витрата тепла на дегідратацію.

$$G_{H_2O}^X = \frac{G_r^C \times \text{ППП}}{100} - G_{CO_2} = \frac{1,083 \times 7,7}{100} - 0,055 = 0,028,$$

Де

$$G_{CO_2} = (G_{CaCO_3} + G_{MgCO_3}) - \left(\frac{CaO + MgO}{100} \right) \times G_r^C =$$
$$(0,0179 + 0,09) - \left(\frac{0,93 + 4}{100} \right) \times 1,083 = 0,055$$

1.4. Плавлення силікатної маси:

$$Q_{2.4}^P = 315 \times \Pi_x^K = 315 \times 5697 = 1794555 \text{ кДж},$$

Де 315 кДж- питома витрата теплоти на освіту склоподібної фази, віднесеної до 1 кг обпаленого керамзиту.

Загальний витрата тепла на хімічні реакції

$$Q_2^P = Q_{2.1}^P + \dots + Q_{2.4}^P = 161897,57 + 676188,32 + 1071947,52 + 1794555 = 3704588,41 \text{ кДж}.$$

2. Втрати тепла з керамзитом на виході з печі:

$$Q_3^P = \Pi_x^K \times C_K \times t_K = 5697 \times 1,1119 \times 830 = 5257630,27 \text{ кДж},$$

Де t_k - температура готової продукції на виході з печі, °С, C_k - питома теплоємність при температурі t_k , кДж/кг*К,

$$C_k = 0,84(1 + 0,00039t_k) = 0,84(1 + 0,00039 \times 830) = 1,1119 \text{ кДж/кг*К.}$$

3. Втрати тепла в навколишнє середовище:

$$Q_4^P = 34740 \times 0,2 \times B = 40726,77 \times 0,2 \times B = 8145,35B \text{ кДж.}$$

4. Втрати тепла в навколишнє середовище можна приймати в розмірі 20% від теплоти горіння пального.

5. Втрати тепла з газами, що відходять.

5.1. З фізичної теплотою продуктів горіння

$$Q_{5,1}^P = B \times V^{OG} \times C_{OG} \times t_{OG} = B \times 13,306 \times 1,39 \times 430 = 7952,99B \text{ кДж,}$$

Де V^{OG} - обсяг продуктів горіння на 1 кг пального при α_2 ;

C_{OG} - питома теплоємність газів, що відходять через розвантажувальний лоток. Визначають за формулою:

$$C_{OG} = 4,2(0,323 + 0,000018t_{OG}) = 4,2(0,323 + 0,000018 \times 430) = 1,39 \text{ кДж/куб.м*К.}$$

5.2. З фізичної теплотою водяної пари гігроскопічної і хімічно зв'язаної вологи:

$$Q_{5,2}^P = P_x^K (G_{H_2O}^G + G_{H_2O}^X) G_{H_2O}^{OG} \times t_{OG} = 5697(0,028 + 0,087) 2,1386 \times 430 = 602479,23 \text{ кДж,}$$

Де $G_{H_2O}^{OG}$ - питома теплоємність водяної пари при температурі газів, що відходять

5.3. З фізичної теплотою:

$$Q_{5.3}^P = P_x^K \times G_{OP\Gamma}^L \times C_{CH_4}^{O.\Gamma} \times t_{O\Gamma} = 5697 \times 0,083 \times 3,8682 \times 430 = 786505,36 \text{ кДж},$$

Де $G_{OP\Gamma}^L$ - витрата тепла з летючими органічними речовинами.
Визначається за формулою:

$$G_{OP\Gamma}^L = \frac{ППП}{100} \times G_{\Gamma}^C = \frac{7,7}{100} \times 1,083 = 0,083.$$

Де $C_{CH_4}^{O.\Gamma}$ - питома теплоємність метану при температурі газів, що відходять.

5.4. З фізичної теплотою CO_2 , утворився при розкладанні карбонатів:

$$Q_{5.4}^P = P_x^K \times G_{CO_2} \times C_{CO_2}^{O.\Gamma} \times t_{O\Gamma} = 5697 \times 0,055 \times 1,1584 \times 430 = 156075,92 \text{ кДж},$$

Де $C_{CO_2}^{O.\Gamma}$ - питома теплоємність вуглекислого газу при температурі газів, що відходять.

Загальні втрати тепла з газами, що відходять:

$$Q_5^P = Q_{5.1}^P + \dots + Q_{5.4}^P = 7952,99B + 602479,23 + 786505,36 + 156075,92 = 7952,99B + 1545060,51$$

6. Втрати тепла з хімічним недожогом палива:

$$Q_6^P = X \times B \times Q_H^C = 0,01 \times B \times 40726,77 = 407,26B \text{ кДж},$$

Де X - втрати тепла з хімічним недожогом палива.

Загальне рівняння теплового балансу печі для виробництва керамзиту за 1 год роботи:

$$Q_1^H + \dots + Q_6^H = Q_1^P + \dots + Q_6^P.$$

$$40726,77B+144,9B+506357,07+3398,44B+130,7B+650,64B=1238601,86+ \\ +3704588,41+5257630,27+8145,35B+7952,99B+1545060,51+407,26B; \\ 28545,85B=11239523,98;$$

Звідки годинну витрату газу $B=393,74 \text{ м}^3$.

Складаємо таблицю зведеного теплового балансу, де визначаємо питому витрату тепла на випал 1 м^3 готового продукта (табл.2).

$$Q_1'' = 40726,77 \times 393,74 = 16035758,42 \text{ кДж.}$$

$$Q_2'' = 144,9 \times 393,74 = 57052,93 \text{ кДж.}$$

$$Q_4'' = 3398,44 \times 393,74 = 1338101,76 \text{ кДж.}$$

$$Q_5'' = 130,7 \times 393,74 = 51461,82 \text{ кДж.}$$

$$Q_6'' = 650,64 \times 393,74 = 256182,99 \text{ кДж.}$$

$$Q_4^P = 8145,35 \times 393,74 = 3207150,1 \text{ кДж.}$$

$$Q_{5,1}^P = 7952,99 \times 393,74 = 3131410,28 \text{ кДж.}$$

$$Q_6^P = 407,26 \times 393,74 = 160354,55 \text{ кДж.}$$

Таблиця 2. Зведений тепловий баланс

прибуткові статті	кількість теплоти			Витратні статті	кількість теплоти		
	1кг керамзит у кДж	кДж	%		1кг керамзит у кДж	кДж	%
Від горіння палива	2908,23	16035758,4 2	88,2 3	На випаровуванн я води	217,41	1238601,86	6,78
Фізична теплота: палива	10,01	57052,93	0,31	На хімічні реакції	650,27	3704588,41	20,3
сирцю	88,9	506357,07	2,69	Втрати тепла з керамзитом на виході з печі	922,87	5257630,57	28,8 2
повітря, підсмоктуєтьс я на горіння	234,87	1338101,76	7,13	Втрати тепла в навколишнє середовище	562,95	3207150,1	17,5 7
повітря, підсмоктуєтьс я в піч	9,03	51461,82	0,27	Втрати тепла з газами, що відходять	820,86	4676470,79	25,6 3
повітря вторинного, що надходить з холодильника	44,97	256182,99	1,36	Втрати тепла з хімічним недожогом палива	28,15	160354,55	0,88
ВСЬОГО	3296,02	18244914,9 9	100	ВСЬОГО	3202,51	18244796,2 8	100

Невязка балансу $18244914,99 - 18244796,28 = 118,71$ кДж.

Питома витрата теплоти на випал 1 кг керамзиту становить 3296,02 кДж.

5.4 Розрахунки на міцність

5.4.1 Розрахунок корпусу обертової печі

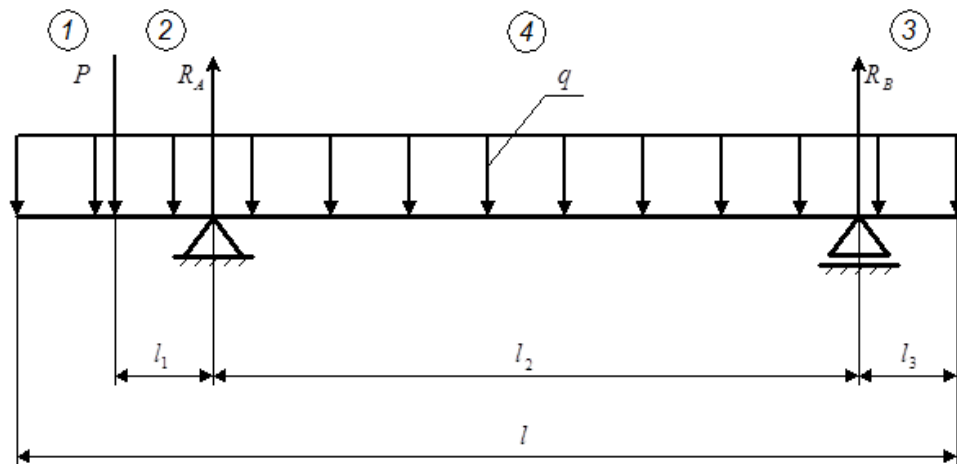


Рисунок 5.4.1 Розподіл навантажень на корпус обертової печі

Схема навантажень на обертову піч для виробництва керамзиту на рис. 4.2. Обертова піч являє собою балку, довжиною $L = 40$ м з розподіленим навантаженням. Балка встановлена на опорних роликах, відстань між якими приймаємо рівним $l_2 = 20$ м, відстань від краю обертової печі до опорного ролика (опора А) $l_1 = 5$ м, від іншого краю печі до опорного ролика (опора В) $l_3 = 5$ м, відстань від опорного ролика до приводної шестерні $l_3 = 0,5$ м. Навантаження від приводної шестерні $Q_3 = 2$ кН.

Розрахунок корпусу печі на міцність

Товщину стінки обертової печі вибираємо з умови:

$$S_6 = (0,007 \dots 0,01) \cdot D,$$

Где D – зовнішній діаметр обертової печі, м.

$$S_6 = 0,007 \cdot 2,5 = 0,0175 \text{ м.}$$

Приймаємо $S_6 = 0,01$ м.

Внутрішній діаметр обертової печі

$$D_B = D_H - 2 \cdot S_6 = 2,5 - 2 \cdot 0,01 = 2,48 \text{ м.}$$

Маса матеріалу, що знаходиться в печі визначається за формулою:

$$m_M = \varphi \cdot \rho_m \cdot L \cdot \pi \cdot D_B / 4,$$

$$m_M = 0,09 \cdot 2431 \cdot 7,5 \cdot 3,14 \cdot 0,98^2 / 4 = 1237 \text{ кг,}$$

Маса корпусу визначається за формулою:

$$m_K = \frac{\pi \cdot L}{4} \cdot (D_H^2 - D_B^2) \cdot \rho_{\text{стали}},$$

$$m_K = (3,14 \cdot 7,5 / 4) \cdot (1^2 - 0,98^2) \cdot 7800 = 1822 \text{ кг.}$$

Сумарна маса корпусу і матеріалу:

$$m = m_K + m_M = 1237 + 1822 = 3059 \text{ кг.}$$

Лінійне навантаження, що діє на обертову піч, визначається за формулою:

$$q = mg / L,$$

$$q = 3059 \cdot 9,81 / 7,5 = 4001 \text{ Н/м.}$$

Умова міцності для обертової печі:

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma],$$

где σ – напруга в печі, МПа;

$[\sigma] = 25 \dots 30 \text{ МПа}$ – Допустиме напруження зі сталі 12Х18Н10Т при робочій температурі $t < 700^\circ\text{C}$;

W – момент опору перерізу обертової печі, м^3 ;

M_{\max} – максимальний згинальний момент, що діє на обертову піч, Нм

$$W = \frac{S_{\sigma} \cdot \pi \cdot D_{CP}^2}{4},$$

Где D_{cp} – середній діаметр обертової печі, м.

$$W = 0,01 \cdot 3,14 \cdot 2,49^2 / 4 = 0,008 \text{ м}^3.$$

$$\sum M_A = 0: R_B \cdot l_2 - P \cdot (l_2 + l_3) - Q \cdot l_4 = 0,$$

$$\sum M_B = 0: Q \cdot (l_2 - l_4) - R_A \cdot l_2 - P \cdot l_3 = 0,$$

$$\sum Y = 0: R_A + R_B - P - Q = 0,$$

$$Q = q \cdot L = 4001 \cdot 7,5 = 30007 \text{ Н.}$$

$$R_B = \frac{P \cdot (l_2 + l_3) + Q \cdot l_4}{l_2} = 2000 \cdot 6,5 + 30007 \cdot 2,5 / 5 = 17603,5 \text{ Н.}$$

$$R_A = \frac{Q \cdot (l_2 - l_4) - P \cdot l_3}{l_2} = 30007 \cdot 2,5 - 2000 \cdot 1,5 / 5 = 14403,5 \text{ Н.}$$

Підставляємо отримане значення R_A та R_B в вираз та отримаємо:

$$17603,5 + 14403,5 - 2000 - 30007 = 0$$

$0=0$ – отже, реакції опор R_A и R_B визначені вірно.

Використовуючи метод перетинів, визначимо Q_Y та M_Z :

$$1-1_{\text{слева}} (0 < x < l): Q_Y(x_1) = -q \cdot x, M_Z(x_2) = -q \cdot \frac{x^2}{2};$$

$$\text{При } x=0: Q_Y(x) = 0, M_Z(x) = 0;$$

$$\text{При } x=1: Q_Y(x) = -q \cdot 1 = -4001 \cdot 0,5 = -2000,5 \text{ Н}$$

$$M_Z(x_2) = -q \cdot \frac{x^2}{2} = -4007 \cdot \frac{1^2}{2} = 2000,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$2-2_{\text{слева}} (1 < x < (1+l_2)): Q_Y(x) = R_A - q \cdot x, M_Z(x) = R_A \cdot (x-1) - q \cdot \frac{x^2}{2};$$

$$\text{При } x=1: Q_Y(x) = R_A - q \cdot 1 = 14403,5 - 4007 \cdot 1 = 10396,5 \text{ Н},$$

$$M_Z(x_2) = R_A \cdot (1-1) - q \cdot \frac{1^2}{2} = 14403,5 \cdot 2,5 - 4007 \cdot 5^2/2 = -9749,7 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{При } x=(1+l_2): Q_Y(x) = R_A - q \cdot (1+l_2) = 14403,5 - 4007 \cdot 6 = -9639 \text{ Н},$$

$$M_Z(x_2) = R_A \cdot (1-1+l_2) - q \cdot \frac{(1+l_2)^2}{2} = 14403,5 \cdot 5 - 4007 \cdot 6^2/2 = 115228 - 84647 = -43102 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{При } x=(1+l_2/2): Q_Y(x) = R_A - q \cdot (1+l_2/2) = 14403,5 - 4007 \cdot 6/2 = 2382 \text{ Н},$$

$$M_Z(x_2) = R_A \cdot (1-1+l_2/2) - q \cdot \frac{(1+l_2/2)^2}{2} = 14403 \cdot 5 - 4007 \cdot 3,5^2/2 = 47472 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{При } x=(1+0,75 \cdot l_2): Q_Y(x) = R_A - q \cdot (1+0,75 \cdot l_2) = 14403 - 4007 \cdot 4,75 = 4630,3 \text{ Н},$$

$$M_Z(x_2) = R_A \cdot (1-1+0,75 \cdot l_2) - q \cdot \frac{(1+0,75 \cdot l_2)^2}{2} = 14403 \cdot 3,75 - 4007 \cdot 11,3 = 8732 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{При } x=(1+0,25 \cdot l_2): Q_Y(x) = R_A - q \cdot (1+0,25 \cdot l_2) = 14403 - 4007 \cdot 2,25 = 9001 \text{ Н},$$

$$M_Z(x_2) = R_A \cdot (1-1+0,25 \cdot l_2) - q \cdot \frac{(1+0,25 \cdot l_2)^2}{2} = 14403 \cdot 1,25 - 4007 \cdot 2,5 = 7985,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\text{При } x=2 \text{ м: } Q_Y(x) = 0,$$

$$M_Z(x_2) = R_A \cdot (4,18-1) - q \cdot \frac{1^2}{2} = 14403 \cdot (4,18 - 1,5) - 4007 \cdot 2^2/2 = 20007 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$3-3_{\text{справа}} (0 < x < (l_1-l_3)): Q_Y(x) = q \cdot x, M_Z(x_2) = -q \cdot \frac{x^2}{2};$$

$$\text{При } x=0: Q_Y(x) = 0, M_Z(x) = 0;$$

$$\text{При } x=(l_1-l_3): Q_Y(x) = q \cdot (l_1-l_3) = 4007 \cdot 0,5 = 2003,5 \text{ Н},$$

$$M_Z(x_2) = -q \cdot \frac{(l_1-l_3)^2}{2} = -4007 \cdot 0,5^2/2 = -500 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$4-4_{\text{справа}} ((l_1-l_3) < x < l_1): Q_Y(x) = q \cdot x + P, M_Z(x_2) = -q \cdot \frac{x^2}{2} - P \cdot (x-l_1+l_3);$$

При $x=(l_1-l_3)$: $Q_Y(x)=q \cdot (l_1-l_3)+P=4007 \cdot 0,5 + 2000 = 4003,5 \text{ Н}$,

$$M_Z(x_2) = -q \cdot \frac{(l_1 - l_3)^2}{2} - P \cdot (l_1 - l_3 - l_1 + l_3) = -4003 \cdot 0,5^2 / 2 - 2000 \cdot 0 = -500,4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

При $x=l_1$: $Q_Y(x)=q \cdot l_1 + P = 4007 \cdot 1 + 2000 = 6007 \text{ Н}$,

$$M_Z(x_2) = -q \cdot \frac{l_1^2}{2} - P \cdot (l_1 - l_1 + l_3) = -4007 \cdot 1^2 / 2 - 2000 \cdot 1 = -4003,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

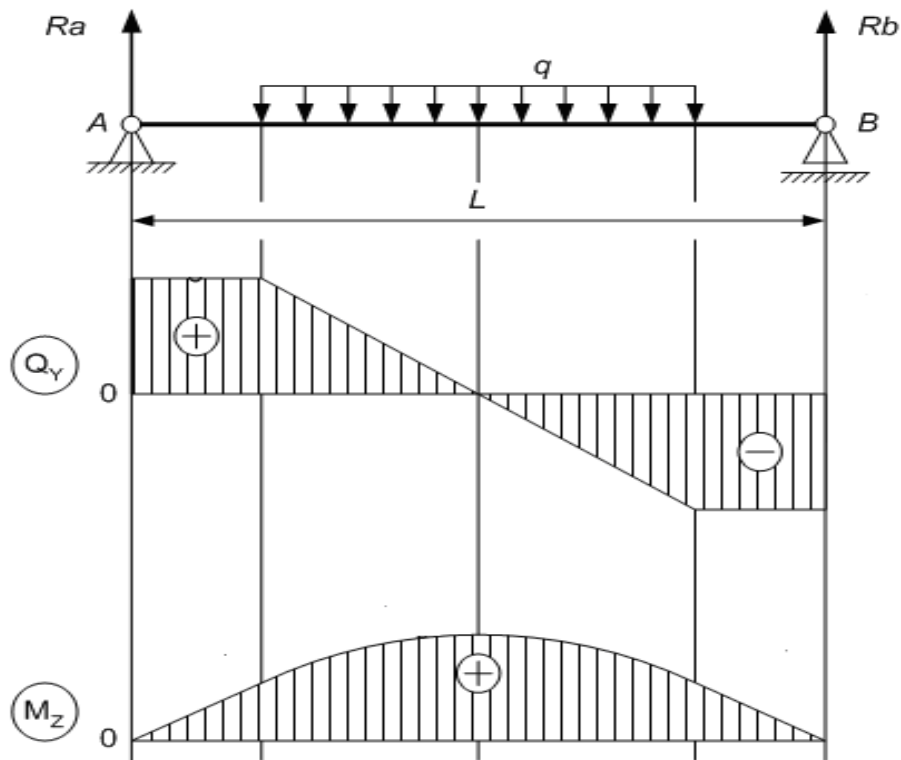


Рисунок 3. Епюри поперечних сил і згинальних моментів діючих на обертову піч

Максимальний згинальний момент, що діє на обертову піч:

$$M_{Z_{\max}} = 20007 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma], (4.24)$$

Умова міцності виконується: $\sigma \leq [\sigma]$, ($2,4 < 25 \text{ МПа}$)

5.4.2 Розрахунок корпусу обертової печі на жорсткість

Умова жорсткості для корпусу обертової печі:

$$E = y_{\max}/D_{\text{cp}} \leq [\varepsilon],$$

де y_{\max} – сумарний максимальний прогин від діючих навантажень, м;

ε – відносний прогин;

$[\varepsilon]=1/200$ – допускається відносний прогин;

Сумарний максимальний прогин від діючих навантажень:

$$y_{\max} = \frac{D_{\text{CP}}^3}{8E \cdot I_x} \cdot (0,04 \cdot q_1 + 0,002 \cdot q_2),$$

де q_1 – лінійне навантаження від маси матеріалу, Н/м;

де q_2 – лінійне навантаження від маси обертової печі, Н/м;

$E=1,36 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу корпусу при робочій температурі ($t \leq 700^\circ\text{C}$);

$I_x=1 \cdot s_\sigma^3/12$ – момент інерції одиничного кільцевого ділянки корпусу, м^3 .

$$q_1 = g \cdot m_M / L = 9,81 \cdot 1237 / 7,5 = 1618 \text{ Н/м},$$

$$q_2 = g \cdot m_K / L = 9,81 \cdot 1822 / 7,5 = 2389 \text{ Н/м},$$

$$I_x = 0,01^3 / 12 = 8,333 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3,$$

$$y_{\max} = \frac{2,49^3}{8 \cdot 1,36 \cdot 10^{11} \cdot 8,333 \cdot 10^{-8}} \cdot (0,04 \cdot 1618 + 0,002 \cdot 2389) = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Підставивши отримані значення в умову жорсткості отримаємо:

$$\varepsilon = y_{\max} / D_{\text{cp}} = 0,9 \cdot 10^{-3} / 1,58 = 0,57 \cdot 10^{-3},$$

Умова жорсткості виконується: $\varepsilon \leq [\varepsilon]$, $(0,57 \cdot 10^{-3} < 5 \cdot 10^{-3})$. [9]

5.4.3 Розрахунок бандажа обертової печі

Для бандажа обертової печі приймаємо: число черевиків $n_{\sigma}=8$, діаметр опорного ролика $d_p=400$ мм, кут між опорними роликами $2\psi=60^0$, матеріал бандажа і роликів – сталь 45Л

5.4.3.1 Визначення реакцій опорних роликів

Реакції опорних роликів визначаються з рівняння рівноваги сил

$$R_{оп}=-2T \cdot \cos \psi, (4.21)$$

Де $R_{оп}$ – max (R_A , R_B) – реакція опори, Н;

T – реакція опорного ролика, Н;

2ψ – кут між роликами.

$$\cos \psi = \cos(\pi - \beta),$$

$$T = \frac{R_{оп}}{2 \cdot \cos \beta}, T = 17603/2 \cos 150^{\circ} = 8380,6 \text{ Н.}$$

5.4.3.2 Визначення геометричних розмірів бандажа з умови його роботи на вигин і контактну міцність

Кут між черевиками

$$j_1 = 2\pi/n_{\sigma} = 2 \cdot 180^0/8 = 45^0.$$

Число черевиків в одному квадраті

$$n = (n_{\sigma} - 2)/4 = (8 - 2)/4 = 1,5.$$

Приймаємо $n_{\sigma}=2$.

Сила, що діє на найнижчий башмак, визначається за формулою:

$$Q_0 = 4 \cdot R_{\text{оп}} / n_{\sigma} = 4 \cdot 17603 / 8 = 8801 \approx 8,8 \text{ кН.}$$

Сили, що діють на черевики, за формулами:

$$Q_1 = Q_0 \cdot \cos j_1 = 8,8 \cdot \cos 45 = 3,29 \approx 6,16 \text{ кН,}$$

$$Q_2 = Q_0 \cdot \cos (2j_1) = 4,66 \cdot \cos 90 = 0.$$

Розрахункові кути для визначення пар сил:

$$Q_0: Q_0: = 180^0; \sin 180^0 = 0; \cos 180^0 = -1;$$

$$Q_1: Q_0: = 135^0; \sin 135^0 = 0,7; \cos 180^0 = -0,7;$$

$$Q_2: Q_0: = 90^0; \sin 90^0 = 1; \cos 90^0 = 0;$$

$$\beta = 150^0; \operatorname{tg} 150^0 = -0,57; \cos 150^0 = -0,866;$$

Середній діаметр бандажа

$$D_{\text{cp}} = (1,14 - 1,22) \cdot D_{\text{н}} = 1,2 \cdot 2,5 = 3 \text{ м,}$$

$$R_{\text{cp}} = D_{\text{cp}} / 2 = 3 / 2 = 1,5 \text{ м,}$$

Згинальний момент в місцях докладання зусиль визначається за формулами:

$$M_{00} = - \frac{Q_0 \cdot R_{\text{cp}}}{2\pi} [1 + 1 / \cos \beta - (\pi - \beta) \cdot \operatorname{tg} \beta] = 8,8 \cdot 0,6 / 2 \cdot 3,14 [1 + 1 / \cos 150 - (3,14 - 2,61) \cdot \operatorname{tg} 150] = -0,155 \text{ кН} \cdot \text{м,}$$

$$M_{01} = - \frac{Q_1 \cdot R_{\text{cp}}}{\pi} [1 - \cos \theta / \cos \beta - (\pi - \theta) \cdot \sin \theta + (\pi - \beta) \cos \theta \cdot \operatorname{tg} \beta] = 6,16 \cdot 0,6 / 2 \cdot 3,14 [1 - \cos 135 / \cos 150 - (3,14 - 2,355) \sin 135 + (3,14 - 2,61) \cos 135 \cdot \operatorname{tg} 150] = 0,226 + \text{кН} \cdot \text{м,}$$

Сумарний вигинає момент в ключовому перетині

$$M_0 = M_{00} + M_{01} = -0,155 + 0,226 = 0,071 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Нормальне зусилля визначається за формулою:

$$N_0 = N_{00} + N_{01},$$

$$N_{00} = - (Q_0 / 2\pi) [(\pi - \beta) \cdot \operatorname{tg} \beta] = - (8,8 / 2 \cdot 3,14) [(3,14 - 2,61) \cdot \operatorname{tg} 150] = 0,4 \text{ кН},$$

$$N_{01} = - (Q_1 / \pi) [(\pi - \theta_1) \cdot \sin \theta_1 - (\pi - \beta) \cdot \cos \theta_1 \cdot \operatorname{tg} \beta] = - (6,16 / 3,14) [(3,14 - 2,355) \cdot \sin 135 -$$

$$(3,14 - 2,61) \cdot \cos 135 \cdot \operatorname{tg} 150] = -0,72 \text{ кН},$$

$$N_0 = 0,4 - 0,72 = -0,32 \text{ кН}.$$

Ширина бандажа при $D_{\text{н.б.}} > D_{\text{ср.б.}}$ ($D_{\text{н.б.}} = 3,3 \text{ м}$) визначається за формулою:

$$b = 0,59^2 \cdot \frac{R_p \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot 2(D_{\text{н.б.}} + d_p)}{[\sigma_k]^2 (E_1 + E_2) D_{\text{н.б.}} \cdot d_p},$$

Де $D_{\text{н.б.}}$ – зовнішній діаметр бандажа, м.

$$b = 0,59^2 \cdot \frac{5,4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot (1,3 + 0,3)}{[500]^2 (2 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5) 1,3 \cdot 0,3} = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

приймаємо конструктивно $b = 0,05 \text{ м}$.

Висота перерізу бандажа визначається з умови міцності:

$$\sigma_{\text{н}} = M_{\text{max}} / W \leq [\sigma]_{\text{н}},$$

Де W – момент опору перерізу бандажа, м^3 .

$$W = (b \cdot h^2) / 6,$$

Де h – висота перерізу бандажа, м.

$$h = \sqrt{\frac{6M_{\max}}{b \cdot [\sigma]_H}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1,511 \cdot 10^3}{0,05 \cdot 50 \cdot 10^6}} = 0,06 \text{ м.}$$

Ширина опорного ролика визначається за формулою:

$$b_p = b + \alpha \cdot \Delta t \cdot l_2 + (0,03 + 0,04),$$

де α - коефіцієнт лінійного розширення матеріалу обертової печі, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$$\alpha = 1,86 \cdot 10^{-7} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1};$$

Δt – різницю між температурами обертової печі при монтажі та в робочому стані,

$$^{\circ}\text{C}; \cdot \Delta t = 480 \text{ } ^{\circ}\text{C};$$

l_2 – відстань між бандажами (опорами), м.

$$b_p = 0,05 + 1,86 \cdot 10^{-7} \cdot 480 \cdot 5 + 0,04 = 0,11 \text{ м.}$$

Внутрішній діаметр бандажа надягнутого на черевики

$$D_{\text{в.б.}} = D_{\text{ср.б.}} - h = 1,3 - 0,06 = 1,24 \text{ м.}$$

Діаметр зовнішньої опорної поверхні черевиків

$$D_{\text{оп}} = D_{\text{в.б.}} - \alpha \cdot \Delta t \cdot D_{\text{ср.б.}} - 0,02 = 1,24 - 1,86 \cdot 10^{-7} \cdot 480 \cdot 1 - 0,02 = 1 \text{ м.}$$

5.4.3.3 Визначення розмірів напологливих роликів

Навантаження на завязаний ролик визначається за формулою: $A = G \cdot \sin \alpha$,

де G – сила тяжіння обертової печі, Н;

α - кут нахилу барабана до горизонталі, град.

Сила T_2 , нормальна до бічної поверхні ролика визначається за формулою:

$$T_2 = \frac{A}{\cos(\gamma \cdot 2)} = \frac{G \cdot \sin \alpha}{\cos(\gamma \cdot 2)},$$

де γ – кут при вершині конуса; приймаємо $\gamma = 17^\circ$.

$$T_2 = 19532,2 \cdot 9,81 \cdot \sin 2 / \cos(17 \cdot 2) = 8066$$

$$\frac{\gamma}{2} = \arctg \frac{d_{cp}}{D_{cpB}},$$

де d_{yp} – середній діаметр упорного ролика, м.

$$d_{yp} = D_{cpB} \cdot \tg \frac{\gamma}{2} = 2 \cdot \tg 8,5^\circ = 0,24 \text{ м.}$$

остаточно приймаємо $d_{yp} = 0,18 \text{ м.}$

Ширина упорного ролика визначається за формулою:

$$b_{yp} = 0,59 \cdot \frac{E_1 \cdot E_3 \cdot (m + m_3 + 2m_B) \cdot g \cdot \sin \alpha}{(E_1 + E_3) \cdot [\sigma_R]^2 \cdot 0,5 \cdot D_{H.B.} \cdot \sin(\gamma \cdot 2)}, \quad (4.25)$$

де $E_3 = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності матеріалу напологливої ролика;

$m_3 = 204$ кг – маса зірочки і її кріплення;

$m_B = 127$ кг – маса бандажа.

$$b_{yp} = 0,59(2 \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^5 (19532,2 + 204 + 2 \cdot 1,27) 10^6 \cdot 9,81 \sin 2 / (2 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5) 500^2 \cdot 0,5 \cdot 1,3 \cdot \sin(17 \cdot 2))$$

Приймаємо $b_{yp} = 0,043\text{м}$.

5.4.3.4 Визначення діаметра упорного регулювального гвинта

У процесі регулювання на кожен з двох наполегливих гвинтів доводиться зусилля p^1 , Н, яке визначають як полусумму горизонтальної складової реакції в опорі і сили тертя в підставі опори

$$p^1 = -0,5 \cdot (T \sin \psi + f \cdot T \cos \psi),$$

де f – коефіцієнт тертя між рамою і плитами; для сталі $f = 0,2$.

Після підстановки значення реакції опори з формули виходить

$$p^1 = 0,25 \cdot R_{оп} \cdot (\operatorname{tg} \psi + f).$$

При $\psi = 30^\circ$ для сталі

$$p^1 = 0,2 \cdot R_{оп} = 0,2 \cdot 18,85 = 4 \text{ кН}.$$

Мінімальний діаметр гвинта з умови міцності

$$d_{p.v.} = \sqrt{\frac{4 \cdot p^1}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 500}} = 3,19 \text{ мм},$$

де $[\sigma] = 500 \text{ МПа}$ – допустиме напруження розтягування для матеріалу гвинта.

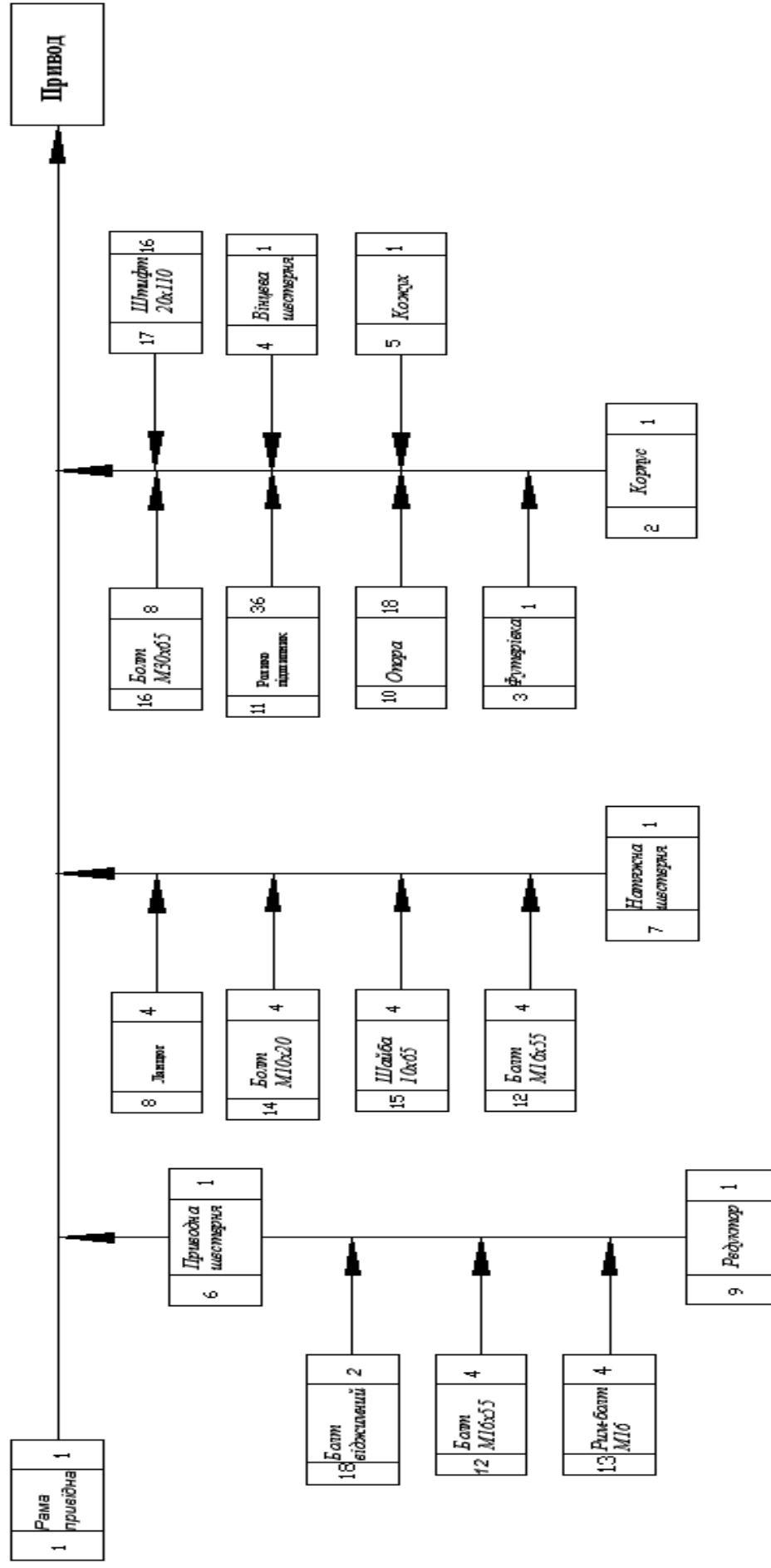
приймаємо конструктивно $d_{p.v.} = 10 \text{ мм}$.

6.1 МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ ДЛЯ ВИПАЛЮВАННЯ КЕРАМЗИТУ

1. Технологія складання привода.
 - 1.1. Ескіз привода .
 - 1.2. Специфікація.
 - 1.3. Схема складання.
 - 1.4. Операційна карта складання.
2. Монтаж машини на фундаменті.
 - 2.1. План-схема розміщення фундаментних болтів.
 - 2.2. Карти ескізів монтажу машини
 - 2.3. Операційна карта монтажу.
3. Експлуатація машини.
 - 3.1. Схема змащення
 - 3.2. Таблиця змащення

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількіст	Примітка
				<u>Документація</u>		
A4			ЛП82мп.013282.002-70 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	ЛП82мп.013282.002.001	Рама привідна	1	
		2	ЛП82мп.013282.002.002	Корпус	1	
		3	ЛП82мп.013282.002.003	Футерівка	1	
		4	ЛП82мп.013282.002.004	Вінцева шестерня	1	
		5	ЛП82мп.013282.002.005	Кожух	1	
		6	ЛП82мп.013282.002.006	Приводна шестерня	1	
		7	ЛП82мп.013282.002.007	Натяжна шестерня	1	
		8	ЛП82мп.013282.002.008	Ланцюг	1	
		9	ЛП82мп.013282.002.009	Редуктор	1	
		10	ЛП82мп.013282.002.010	Опора	18	
		11	ЛП82мп.013282.002.011	Ролико підшипник	36	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		12	ЛП82мп.013282.002.012	Болт М16х55		
				ГОСТ 7798-70	8	
		13	ЛП82мп.013282.002.013	Рим-болт М16,		
				ГОСТ 4751-67	8	
		14	ЛП82мп.013282.002.014	Болт М10х20		
				ГОСТ 7798-70	4	
		15	ЛП82мп.013282.002.015	Шайба 10х65,		
				ГОСТ 64	4	
		16	ЛП82мп.013282.002.016	Болт М30х65		
				ГОСТ 59	8	
		17	ЛП82мп.013282.002.017	Штифт 20х110,		
				ГОСТ 9464-70	16	
		18	ЛП82мп.013282.002.018	Болт віджимний		
				ГОСТ 1636-78	2	

					ЛП82мп.013282.002-70 СП					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Привод					
Разраб.		Булах О.С.								
Перев.		Борицук С.О.								
Керів.										
Н. конт.										
					Літ.		Арку	Аркуші		
								НТУУ "КПІ" ім.Ігоря Сікогського, ІХФ, ЛП-		



[illegible]

[illegible]

[illegible]

Операційна карта									
Найменування операції				Обладнання (найменування, модель)					
Найменування операції									
Номер цеха	Номер уч-ка	Номер раб. Места	Номер операції	Зміст переходу	Технологічний режим	Кін-ть	Приспосовання (код, найменування)	Інструмент (код, найменування)	То год.
1				Викопати колодязь 150х150 глибиною 300	Фундаментні болти 1	10	Екскаватор		2 год
2				Встановити фундаментні болти 1 за місцем та залити фундамент			Кран-підйомник		
							Q = 50 т		
							Спец. машина		7 днів
3				Застропити та встановити за місцем приводну шестерню 2	Приводна шестерня 2	1	Кран-підйомник		
				та редуктор 3	Редуктор 3	1	Q = 50 т		7 год
4				Застропити та встановити натяжну шестерню 4	Натяжна шестерня 4	1	Кран-підйомник		
							Q = 50 т		5 год
5				Встановити ланцюг 5, корпус 6, вінцеву шестерню 7,	Ланцюг 5		Кран-підйомник		
				Кожух 8	Корпус 6	1	Q = 50 т		
					Вінцева шестерня 7	1			10 год
							Розробив	Будах О.С.	Лист
							Перевірів	Борщик С.О.	
							Керівник		Листів
							Затв.		
							Н. Контр.		
				Ізм	Лист	№ докум	Дата	Лист	№ докум

Таблиця змащення

№ п/п	Змащуванні місця	Кількість точок зм-ння	Змазка	Метод зм-ння	Періодичність змащення
1	Редуктор Ц2Ш-1250	1	АК-15 АК-10 (взимку)	Циркуляційна система змащення	Під час роботи
2	Натяжна шестерня	1	АК-15 АК-10 (взимку)	Набивка	2 рази/місяць
3	Приводна шестерня	1	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	Набивка	2 рази/місяць
4	Ланцюг	4	УС-2	Циркуляційна система змащення	1 раз/8 днів

6.2 Розробка стартап-проекту

6.2.1 Ідея стартап-проекта

Мета стартап-проекту впроваджувати нові ідеї в індустрію. Ідея стартапу приведена в таблиці 6.1

Таблиця 6.1

ідея	Варіанти використання	Переваги
Надання послуг по модернізації обертових печей та консультацій	Інжинірінг	Замовник отримує розробку та модернізацію установки за низькою ціною високої якості
	Технічний аналіз	Перевірка технічного стану обладнання
	Економічний аналіз	Розрахунок рентабельності модернізації

Таким чином є можливість надати повний діапазон послуг користувачу.

6.2.2 Технологічний аудит ідеї стартап-проекту

Таблиця 6.2

№	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Надання послуг по модернізації обертових печей та консультацій	Інтелектуальні ресурси включають інтелектуальну працю та інтелектуальні продукти. Створення веб сайту та оренда офісу для роботи персоналу.	Дані технології існують. В розробці/добробці їх немає необхідності	Дані технології доступні.
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: нові конструкції обертових печей				

6.2.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основними операторами ринку є державні та приватні конструкторські

відділи, які виконують роботу тільки на власні підприємства та організації, що виконують послуги в сфері інжинірингу.

Таблиця 6.3

№	стан ринку	Характеристика
1	Суперники, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од.	170000000
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Масштабність
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO
6	Середня норма рентабельності в галузі , %	85

6.2.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Таблиця 6.4

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Малі приватні промислові підприємства	Висока	Висока	Середня	Висока
2	Великі промислові підприємства	Середня	Середня	Висока	Середня

Таблиця 6.5

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Наступник	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Надання інженерних послуг малим промисловим підприємствам	Стратегія спеціалізації

Таблиця 6.6

№	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	На території України для малих і середніх підприємств проект не є першопрохідцем.	В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності	Копіювання популярних послуг на ринку такі як: - Розробка програмного забезпечення - Аудит підприємства - Архітектура та дизайн	Стратегія виклику лідера

6.2.5 Розрахунок витрат на модернізацію

6.2.5.1 Витрати на виготовлення окремих елементів власними силами

6.2.5.1.1 Розрахунок собівартості

При проектуванні нової техніки необхідно намагатися зменшити її матеріало - і трудомісткість.

Собівартість нового обладнання може бути визначена різними способами в залежності від ступеня новизни конструкції, складності і наявності початкових даних. Собівартість нової конструкції визначається її матеріалоемністю.

Кількість матеріалів і їхня вартість для проектувальної конструкції треба розрахувати диференційовано за окремими найменуваннями і марками матеріалу, з урахуванням внесених змін у норми витрат матеріалу за рахунок конструктивних чи змін проведеної модернізації.

Собівартість розраховується за формулою:

$$C_n = \left(M + Z_{осн} \cdot \left(1 + \frac{P}{100} \right) + Z_{осн} \cdot \frac{\alpha}{100} \right) \cdot \left(1 + \frac{\eta}{100} \right) \quad (6.1)$$

де M – витрати на матеріали і напівфабрикати та покупні вироби, грн.;

$Z_{осн}$ – основна заробітна плата виробничих робітників, грн.;

$P = 180-230\%$ – витрати на експлуатацію й обслуговування обладнання, цехові і загальнозаводські витрати у відсотках до основної заробітної плати виробничих працівників. Приймаємо $P = 200\%$;

$\alpha = 90-110\%$ - додаткова заробітна плата та нарахування, у відсотках від основної заробітної плати . Приймаємо $\alpha = 105$;

$\eta = 1,5-2,5\%$ - позавиробничі витрати у відсотках від загальної собівартості. Приймаємо $\eta = 2,5\%$;

Z_{np} – загальні витрати на проектні роботи;

n – кількість модернізованого обладнання.

Витрати на матеріали розраховуємо диференційовано за окремими найменуваннями й марками з урахуванням проведення модернізації. Витрати на придбання елементів обладнання, які виготовляє на замовлення інше підприємство. Результати розрахунку зводимо до таблиці 6.7.(за даними ВАТ „Київметалопром” на час написання диплому).

Витрати матеріалів

Таблиця 6.7

<i>Матеріал</i>	Одиниця	Марка	Чистова маса, т	К-т використан-ня	Чорнова маса, т	Ціна, т/грн.	Сума, грн.
Сталь	т	Ст45	4	0,8	4,5	4490	17960

Разом	17960
Транспортно-заготівельні витрати [*]	1257,2
Відходи ^{**} (віднімаємо)	449
Разом враховані матеріали (17960+1257,2-449)	18768,2
Інші невраховані матеріали ^{***}	1876,82
Разом матеріали	20645,02

^{*}Транспортно-заготівельні витрати згідно складають 6-8% вартості матеріалів, приймаємо 7 відсотків, таким чином:

$$B_{мз} = B_{м} \cdot \frac{7}{100} = 17960 \cdot \frac{7}{100} = 1257,2 \text{ (грн.)}$$

^{**}Вартість відходів згідно з становить 20% від вартості матеріалу:

$$B_{від} = \frac{20}{100} \sum_i B_{мі} \cdot (M_{чорн.і} - M_{чист.і}) =$$

$$= \frac{20}{100} \cdot 4490 \cdot (4,5 - 4) = 449 \text{ (грн.)}$$

^{***}Вартість неврахованих матеріалів згідно становить 8-10% вартості врахованих, приймаємо 10%.

Таким чином:

$$B_{нм} = \frac{10}{100} \cdot B_{вм} = 0,1 \cdot 18768,2 = 1876,82 \text{ (грн.)}$$

6.2.5.2 Витрати на придбання стандартних елементів для модернізації

Покупні вироби. Таблиця 6.8.

Найменування	Одиниця	Марка	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Внутрішні прокладочні кільця	шт.	ГОСТ 831-62	5	300	1500
Датчики рівня	шт.	ДД1	4	900	3600
Транспортно - заготівельні витрати					408
Разом					5508

Транспортні – заготівельні витрати на придбання покупних виробів складають 6-8% від вартості матеріалів. Приймаємо 8%.

$$B_{тз} = B_{пв} \frac{8}{100} = 5100 \frac{8}{100} = 408(грн)$$

Витрати на матеріали визначаємо як суму покупних виробів та витрати на матеріали:

$$M = M_{пок.} + M_{мат.} = 5508 + 20645,02 = 26153,02(грн.)$$

Основна заробітна плата виробничих робітників розраховується за формулою:

$$З_{осн} = T_n C_{т.ср.}, \quad (6.2)$$

де T_n - нормативна трудомісткість виготовлення нової машини, год.;

$\tilde{N}_{\text{с.н.д.}} = 14,6$ - тарифна ставка середнього розряду, грн., за даними підприємства ВАТ „Гостомельський склозавод”, середній розряд –IV прийнято відповідно до;

Нормативну трудомісткість виготовлення машини визначаємо укрупнено за допомогою питомої трудомісткості виготовлення одиниці маси базового устаткування за формулою:

$$T_n = G_n \cdot K = 5000 \cdot 0.3 = 1500(\text{год.}) \quad (6.3.)$$

де G_n - маса модернізованої машини ,кг;

K - питома нормативна трудомісткість на 1 кг чистої ваги.

6.2.5.3 Розрахунок ціни.

Розрахункову ціну нового обладнання отримують, виходячи з її собівартості C_n , нормативного валового прибутку Π_n та податку на додану вартість Н:

$$Ц_n = C_n + \Pi_n + H \quad (7.4.)$$

Нормативний валовий прибуток Π_n розраховується за формулою:

$$\Pi_n = C_n \cdot \frac{\eta}{100} \quad (7.5)$$

де η - норматив рентабельності до собівартості, згідно з норматив складає 25-35%, приймаємо 30 відсотків.

Податок на додану вартість обчислюється за формулою:

$$I = (\tilde{N}_i + \tilde{I}_i) \cdot \frac{\gamma}{100} = (117719,22 + 35315,66) \cdot \frac{20}{100} = 30606,98(\text{грн.}) \quad (7.6.)$$

де $\gamma = 20\%$ - ставка податку на додану вартість.

Підставляючи числові дані до формули отримуємо:

$$\ddot{O}_i = 117719,22 + 35315,66 + 30606,98 = 183641,86 (\text{грн.})$$

$\Pi_B = 901500,00 (\text{грн.})$ - ціна базової моделі за даними підприємства.

$\Pi_H = 991900,00 (\text{грн.})$ - ціна всієї печі з модернізацією.

6.2.5.4 Витрати на збірково-монтажні роботи.

Витрати на збірково-монтажні роботи складають 10-14% від ціни, приймаємо 14%.

$$C_{iii.i} = \ddot{O}_i \frac{14}{100} = 183641,86 \frac{14}{100} = 25709,86 (\text{грн.})$$

Додаткові витрати обчислюємо по формулі:

$З_{бб} = З_{бн}, З_{бюд} = 0$ - витрати на будову при незмінній площині

$$\Delta K = \ddot{O}_i + C_{iii.i} + C_{a\ddot{a}i} = 183641,86 + 25709,89 = 209351,72 (\text{грн.})$$

6.2.6 Розрахунок техніко-економічних показників до і після модернізації

6.2.6.1 Розрахунок повних капітальних витрат по базовому обладнанню

Капітальні витрати на базову машину за формулою:

$$K_{\bar{b}} = \Pi_{\bar{b}} + \Pi_{cm} + K_{\partial m} + K_{\bar{b}y\partial} + K_c \quad (6.7)$$

де Π_H - вартість придбання зразка обладнання, що розглядається;

Π_{cm} - вартість суміжного обладнання, що працює у комплексі зі зразком.

$K_{\text{дм}}$ -витрати на доставку та монтаж обладнання;

$K_{\text{бюд}}$ -витрати на виробничі споруди;

K_c -спеціальні капітальні витрати (КВП і автоматика та інш.).

Вартість суміжного обладнання, що працює у комплексі зі зразком, визначаємо за даними підприємства $C_{\text{см}} = 410000,00(\text{грн.})$;

Капітальні витрати на модернізовану машину розраховуються за формулою:

$$K_n = K_{\text{б}} + \Delta K - K_{\text{реал}} \quad (6.8.)$$

де - $K_{\text{реал}}$ - кошти отримані від продажу частини обладнання, яка підлягала модернізації, $K_{\text{реал}} = 0$

Витрати на доставку, монтаж машини та будівництво фундаменту розраховуємо у відсотках від ціни машини, згідно вони складають 8-12 відсотків, приймаємо 8 відсотків.

$$K_{\text{дмб}} = C_{\text{б}} \cdot \frac{8}{100} = 901500 \cdot 0,08 = 72120(\text{грн.})$$

$$K_{\text{дми}} = C_n \cdot \frac{8}{100} = 991900 \cdot 0,08 = 79352(\text{грн.})$$

Витрати на виробничі будови обчислюємо за формулою:

$$K_{\text{бюдб}} = K_{\text{бюдн}} = S \cdot \eta_g \cdot C_{\text{бюд}} = 640 \cdot 1,5 \cdot 450 = 432000(\text{грн.})$$

де $S = 640(\text{м}^2)$ - площа машини (у плані);

$\eta_g = 1,5$ - коефіцієнт, що враховує додаткову площу на проходи, службові приміщення та ін., прийнятий по;

$C_{\text{бюд}} = 450(\text{грн}/\text{м}^2)$ - питома вартість будівлі, за даними ВАТ „Балаклея”

K_c - спеціальні витрати на автоматику та КВП розраховуємо у відсотках від ціни машини, згідно вони складають 10-15% від ціни обладнання, приймаємо 10%.

$$K_{сб} = C_{сб} \cdot \frac{10}{100} = 901500 \cdot 0,1 = 90150(\text{грн.})$$

$$K_{сн} = C_{сн} \cdot \frac{10}{100} = 991900 \cdot 0,1 = 99190(\text{грн.})$$

$$K_{сб} = 901500 + 410000,00 + 72120 + 432000 + 90150 = 1905770(\text{грн.})$$

$$\hat{E}_i = 1905770 + 209351,72 = 2115121,72(\text{а\`д\`и.})$$

6.2.6.2 Річна продуктивність обладнання.

Річна продуктивність визначається за формулою:

$$Q_p = Q_z \cdot F_{\partial}, \quad (6.9)$$

де $Q_z = 75000(\text{кг} / \text{год})$ - годинна продуктивність;

F_{∂} - дійсний річний фонд часу роботи одиниці обладнання, год.

Дійсний річний фонд часу роботи обчислюється за формулою:

$$F_{\partial} = F_n \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (6.10)$$

де F_n - річний номінальний фонд часу роботи машини, год.;

α - відсоток часу простою машини у ремонті до номінального фонду часу

(4-10%), приймаємо 10 відсотків, а для модернізованої 4 відсотків.

Номінальний фонд F_n визначаємо як добуток кількості робочих днів за рік, помножений на кількість робочих годин на добу, так як це безперервне виробництво:

$$F_n = S \cdot h \cdot D_p, \quad (6.11)$$

де $S = 3$ - кількість змін роботи;

$h = 8$ - тривалість робочої зміни;

$D_p = 365$ - кількість робочих днів у році;

$$F_n = 3 \cdot 8 \cdot 365 = 8760(\text{год.})$$

$$F_{\text{об}} = 8760 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 7884(\text{год.})$$

$$Q_{p\text{об}} = 75 \cdot 7884 = 591300(m)$$

$$F_{\text{он}} = 8760 \cdot \left(1 - \frac{4}{100}\right) = 8410(\text{год.})$$

$$Q_{pн} = 75 \cdot 8410 = 630750(m)$$

6.2.7 Оцінка ефективності модернізації.

Оцінка ефективності розраховується по формулі:

$$\mathcal{E} = (Z_{n.\text{б.}} + E_n \cdot K_{\text{б}}) \cdot \frac{Q_n}{Q_{\text{б}}} - (Z_{n.\text{н.}} + E_n \cdot K_n) \quad (6.12)$$

де $Z_{n.\text{б.}}$ та $Z_{n.\text{н.}}$ – поточні витрати по базовому та новому обладнанню відповідно,

$Q_{\text{б}}$ та Q_n – річна продуктивність базова та нова відповідно,

$E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень,

$K_{\text{б}}$ та K_n – капітальні витрати по базовому та модернізованому обладнанню відповідно.

$$\mathcal{E} = (1047611,95 + 0,15 \cdot 1905770) \cdot \frac{630750}{591300} - (1058188,75 + 0,15 \cdot 2115121,72) = 46029,95(\text{а\`д\`і.})$$

Таким чином, проведений економічний розрахунок доводить доцільність проведення запропонованої модернізації. Порівняльні характеристики базової і модернізованої машини зводимо у таблиці 6.9.

Характеристики базової і модернізованої машини

Таблиця 6.9

Показник	Одиниця	Машина	
		Базова	Модернізована
Річна продуктивність	Т	591300	630750
Продуктивність за 1 год.	Т	75	75
<i>Загальна маса</i>	Т	1600	1606
Термін служби	років	5	7
Встановлена потужність	КВт	400	400
Питома енергомісткість	КВт/кг	0,0118	0,0146
Собівартість машини	Грн.		56695,85
Розрахункова ціна машини	Грн.	901500	991900
Капітальні вкладення споживача	Грн.	1905770	2115121,72
Чисельність обслуговуючого персоналу	Чол.	2	2
Поточні витрати при експлуатації машини	Грн.	1047611,95	1058188,75

Загальна ефективність проведення модернізації $\Xi = 46029,95$ грн., що доводить доцільність проведення модернізації.

6.3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона праці та навколишнього середовища містить у собі питання безпеки праці, попередження травматизму і професійних захворювань; питання правової охорони праці; вибухів і пожеж на виробництві . Також з охороною праці зв'язані і питання пожежної безпеки в електроустановках. Електричні станції і мережі оснащені сучасною технікою, в основу якої - закладені принципи охорони праці. Безпечні конструкції електричних машин, механізмів і інших пристроїв повинні забезпечити здоров'я і безпечні рівні праці для обслуговуючого персоналу.

У даному проекті розглядаються питання охорони праці і техніки безпеки для керамзитового заводу, на якому встановлена проектована обертова *піч* $2.5 \times 40 \text{ м}$.

Нижче розглядаються такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- повітря робочої зони;
- виробничий шум, вібрація;
- частини печі що рухаються й обертаються ;
- небезпека враження електричним струмом;
- пожежна безпека;
- розрахунок штучного освітлення;
- охорона навколишнього середовища.

6.3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

проектованої обертової печі $2.5 \times 40 \text{ м}$

6.3.1.1 Повітря робочої зони

Робота оператора , який обслуговує обертову піч відноситься до категорії легких фізичних робіт з ГОСТ 12.1.005-88 з енерговитратами 630 кдж/ч. Приміщення цеху відноситься до приміщень без збитків явного тепла до 84 кдж/м³ · год, тому що в процесі працюють агрегати, що розташовані на

Шкідливі речовини попадаючи в організм можуть визвати отруєння. Ступінь отруєння залежить від токсичності речовини, її кількості, часу дії, шляху проникнення.

ГДК деяких шкідливих речовин в повітрі робочої зони: гас – 300мг/м^3 фактична концентрація, клас небезпеки – 4 (ГДК більше $10,0\text{ мг/м}^3$ - малонебезпечні речовини), агрегатний стан - пари.

6.3.1.2 Виробничий шум

До джерел шуму на підприємстві, де встановлена обертова піч, належать:

- редуктора;
- електродвигуни привода;
- зубчасті передачі;
- опорні ролики;
- небезпека впливу, шум у підшипниках;
- вентилятори.

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку складає 75дБ, а нормативне значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99 складає 80дБ. Шум шкідливо відбивається на здоров'ї й працездатності людей, те прийняті наступні міри боротьби з ним:

- застосовуємо амортизатори.
- застосовуємо змащення всіх рухомих частин печі;
- застосовуємо балансування обертових частин печі.

При експлуатації устаткування в робочий час рівень звуку складає 75дБ, а нормативне значення, згідно ДСН 3.3.6.037-99 складає 80дБ.

В якості амортизаційного елементу використовуємо торсіон, який має енергоємність в 1,2, 1,5 рази більшу ніж у пружини.

Шум зменшиться на 5дБ.

6.3.1.3 Вібрація

До джерел вібрації у даному випадку належать електродвигуни й обертові частини печі. Посилення вібрації відбувається за рахунок неточності установки обертових частин; через нещільність з'єднання корпусів обертових частин до фундаменту. У даному випадку спостерігається загальна вібрація, що передається через опори на оператора. Робітник мало піддається вібрації, тому що він знаходиться далеко від опор печі. Він знаходиться в пульта керування, тому загальна вібрація не впливає конкретно на нього.

Рівень загальної вібрації печі не перевищує $10 \div 12$ дБ, що відповідає ДСН 3.3.6.039-99.

Для зниження вібрації прийняті наступні міри:

- застосовуємо масляні ванни;
- застосовуємо додаткові ребра жорсткості;
- так як спостерігається, в основному, вібрація низьких і середніх частот, то покриття корпусів редукторів приймаємо тверді, металеві на основі алюмінію й міді;
- віброгашення, що здійснюється за рахунок установки агрегатів на фундаменті.

Покриття особливо відповідальних частин дорівнює 0,005мм, не особливо відповідальних 0,1мм.

Сумарний час роботи в контакті з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни.

Тривалість одноразового безупинного впливу вібрацій не перевищує 15-20 хв, а при такому режимі обідня перерва не менш 40 хв.

6.3.1.4 Небезпека впливу, частин печі що рухаються й обертаються

Механізмами, які обертаються є: корпус печі, вінцева і підвінцева шестірні, завязі ролики, роликоопори, муфти. Ці механізми є небезпечними,

тому що можливе нанесення механічних травм і можуть викликати людську смерть. З метою запобігання травм встановлені огороження.

Робітники забезпечені індивідуальними засобами захисту:

- комбінезонами групи М – для захисту від механічних пошкоджень;
- спеціальне взуття відповідне до спецодягу;
- засоби захисту рук – рукавиці з бавовни;
- респіратори ШБ-1.

Для огороження використовуємо зварені з лозин у виді ґрат екрани.

Обертові механізми двигунів і муфт встановлені в нерухомих кожухах.

Вінцева шестірня закрита спеціальним кожухом.

Для аварійної зупинки печі передбачені аварійні пристрої, гідроупори, вимикачі, а на пульті керування - аварійні кнопки.

6.3.2 Електробезпека

- 1) Згідно з ПУЕ приміщення проектного цеху належить до особливо небезпечного, тому що піч, в основному, розташована на відкритому повітрі і піддана атмосферним опадам. Крім того, через існуючий технологічний процес, виділяються пари, газ, пил, що діють руйнуюче на струмоведучі частини й електроустаткування.
- 2) Напруга в електроустановках не перевищує 1000В. Ця напруга є небезпечною для життя людини

Застосовуємо дану мережу, тому що неможливо забезпечити гарну ізоляцію проводів через вологість і інші фактори.

Основні причини враження електричним струмом наступні:

- поява напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, унаслідок помилкового включення установки;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю;

- поява напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування - корпусах, кожухах і т.д. - у результаті ушкодження ізоляції й інших причин;

випадковий чи дотик наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою.

Для захисту від враження електричним струмом передбачене наступне:

- харчування ручного інструмента і переносних ламп напругою не вище 42В;
- електричний поділ мережі на окремі електричні, не зв'язані між собою ділянки за допомогою спеціальних трансформаторів;
- усунення небезпеки поразки з появою напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, вирівнюванням потенціалу, захисним зануленням;
- захисні засоби до 1000В - діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими ручками, індикатори напруг і струмів;
- ізоляція струмоведучих частин електроустановки забезпечується подвійною ізоляцією;
- забезпечення неприступності частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику за допомогою ізоляції струмоведучих частин.

Захисне занулення

Задача занулення складається в усуненні небезпеки поразки людей струмом при замиканні на корпус.

Застосовується занулення у випадку використання трифазної чотирьохпроводної мережі напругою до 1000В з глухо-заземленою нейтраллю.

Принцип дії занулення - перетворення замикання на корпус в однофазне коротке замикання, тобто замикання між фазним і нульовим провідником з метою створення великого струму, здатного забезпечити спрацьовування захисту і тим самим автоматично відключити ушкоджену установку від живильної мережі. Таким захистом є плавкі чи запобіжники автоматичні

вимикачі, установлені перед споживачами енергії для захисту від струмів короткого замикання. При короткому замиканні струм дорівнює:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{(R_0 + R_{з.м.})} = \frac{220}{(0,4 + 0,2)} = 365,6 \text{ А}, \quad (7.1)$$

де U_{ϕ} - фазна напруга, В;

R_0 - опір нульового проводу, Ом;

$R_{з.м.}$ - опір замикання фази на землю, Ом.

(7.3)

$I_{к.з.}$ - струм короткого замикання, А;

Крім того, тому що занулені частини виявляються заземленими через нульовий захисний провідник, то в аварійний період, тобто з моменту виникнення замикання фази на землю і до автоматичного відключення ушкодженої установки від мережі, з'являється захисна властивість цього заземлення.

6.3.3 Пожежна безпека

1) Для виникнення горіння необхідна наявність горючої речовини. Полум'я в нашому випадку може бути і вибуховим бо в якості палива ми використовуємо гас. Також горіння може виникнути внаслідок порушення правил експлуатації електроустаткування.

2) Відповідно ОНТП 24-86 виробництво належить до категорії "В" пожежної небезпеки. По ступені вогнестійкості належить до 1 ступеня. Для будинків цього ступеня вогнестійкості необхідно, щоб межа вогнестійкості несучих стін, стін сходових кліток, колон була не меншою ніж 2,5ч, сходових площадок і косорівні менш 1ч, зовнішніх стін з начіпних панелей, перегородок і покрить не менш 0,5ч. Протипожежні двері, вікна і ворота в протипожежних стінах повинні мати межу вогнестійкості не менш 1,2 ч.

У відповідність з нормами 2.01.02-85 число евакуаційних виходів з будинків, приміщень не менш двох. Ширина ділянок шляхів евакуації 1м, а дверей на шляхах евакуації - 0,8 м. Ширина зовнішніх дверей сходових кліток дорівнює ширині маршу сходи.

Для гасіння пожеж передбачені ручні вуглекислотні вогнегасники ОУ-2 (4 шт.).

У приміщенні передбачена пожежна сигналізація - теплові пожежні сповіщувачі. Інформація з сповіщувачів надходить на загально-цехову станцію. Також передбачені протипожежні щити і шухляди з піском.

Згідно СН 305-74 приміщення обладнане блискавковідводами, що захищають від прямих ударів блискавки.

Згідно ПУЕ на цементному заводі споживачі електроенергії виробничого цеху відносяться до 1 категорії надійності електропостачання.

3) Пожежа при роботі печі може виникнути ще й по наступним причинах:

- ремонт устаткування на ходу;
- несправне устаткування (коротке замикання, перевантаження, великі перехідні опори);
- знос і корозія устаткування.

7 МОДЕРНІЗАЦІЯ

7.1 РОЗРОБКА 3D В ПРОГРАМІ CATIA

Функціональні можливості CATIA:

Заслужене місце в лідируючій групі на світовому ринку досягнуто CATIA V5 завдяки реалізації всебічного комплексного інтегрованого підходу, що дозволив в одній системі успішно здійснювати весь цикл створення нового виробу: від розробки концептуальних моделей до підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПУ і випуску необхідних креслень і конструкторськотехнологічної документації. За допомогою CATIA V5 можна:

- Створювати 2-х і 3-х вимірні ескізи.
- Створювати тривимірні параметричні моделі виробів із застосуванням твердотільного і поверхневого моделювання, створювати моделі з листового матеріалу.
- Створювати виробничі креслення.
- Налаштовувати відображення виробу, керуючи видимістю його компонентів.
- Створювати складні вироби, що складаються з великої кількості компонентів, застосовуючи механізм збірок.
- Автоматизувати повторювані дії за допомогою макросів - створення програм на мові VBA (Visual Basic for Applications).
- Імпортувати в CATIA V5 файли форматів STEP, IGES, AutoCAD і Mechanical Desktop (формату DWG), та ін. До теперішнього моменту CATIA Solution є повнофункціональною системою САПР і технологічної підготовки виробництва, що включає в себе розвинений інтелектуальний інструментарій тривимірного моделювання, підсистеми програмної імітації найскладніших технологічних процесів, засоби аналізу складних механічних агрегатів, розвинену базу даних для зберігання текстової та графічної інформації. Асоціативний зв'язок "модель-креслення" дозволяє по створеній просторовій моделі виробу створювати

повну конструкторську документацію і оперативно автоматично її коригувати при внесенні необхідних змін до складу створеного виробу.

Починається побудова деталі в програмному забезпеченні CATIA таким чином:

В меню Start обираємо Mechanical Design – Part Design. Даємо ім'я деталі та функцією Sketch починаємо створювати об'єкт, обравши площину ху. У функції Restangle обираємо Centered Rectangle та будуємо піч. Проставляємо розміри .

Команди:

- Головне меню Start - це навігаційний засіб, призначений для перемикання між модулями програми. Зміст головного меню залежить від конфігурації або набору встановлених модулів.
- Exit - вихід з програми, Start або File – вихід з головного меню
- File - здійснюється створення, відкриття, збереження, друк файлів та ін.
- New from - створення нового файлу з уже наявного файлу.
- Open ... Для відкриття документа
- Close - застосовується для закриття документів.
- Save - застосовується для збереження існуючих документів.
- Save As - дозволяє зберегти документ під іншим ім'ям і в іншій теці.
- Undo – дозволяє скасувати дію.
- Repeat - використовується для відновлення останньої операції, виконання якої було скасовано.
- Cut - використовується для вирізання.
- Copy - використовується для копіювання.
- Paste - використовується для вставки елементів.
- Toolbars - головного меню View використовується для додавання і приховування панелей інструментів.

- Mirror – команда для віддзеркалювання.
- Hole - центрування отвору.
- Elonger hole - побудова шпоночного паза.
- Shaft - обертаємо навколо осі.
- Edit - вийти з ескізу.
- Pad - для витягування твердого тіла з ескізу.

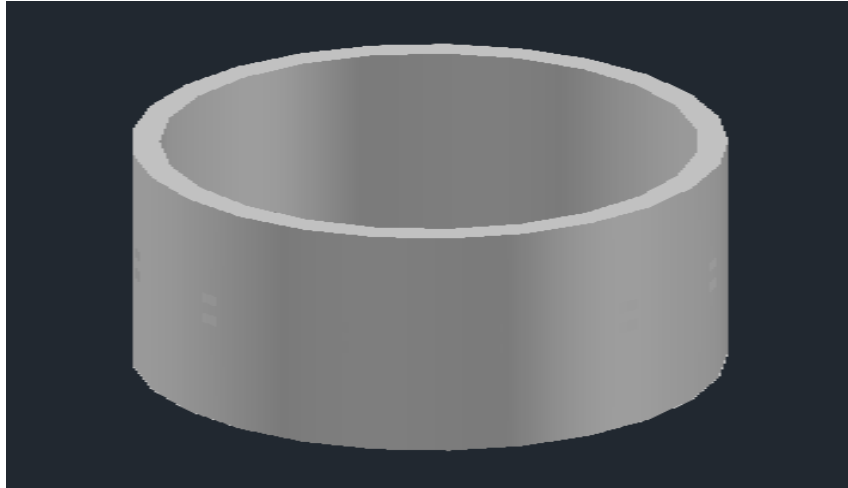


Рис. 5.1 Побудова корпусу печі

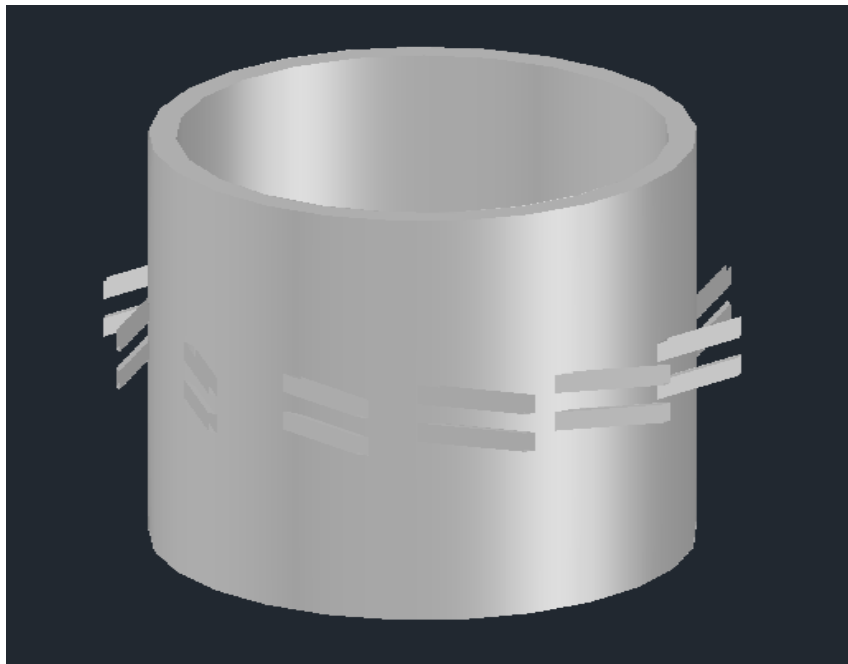


Рис. 5.2 Корпус печі з опорами

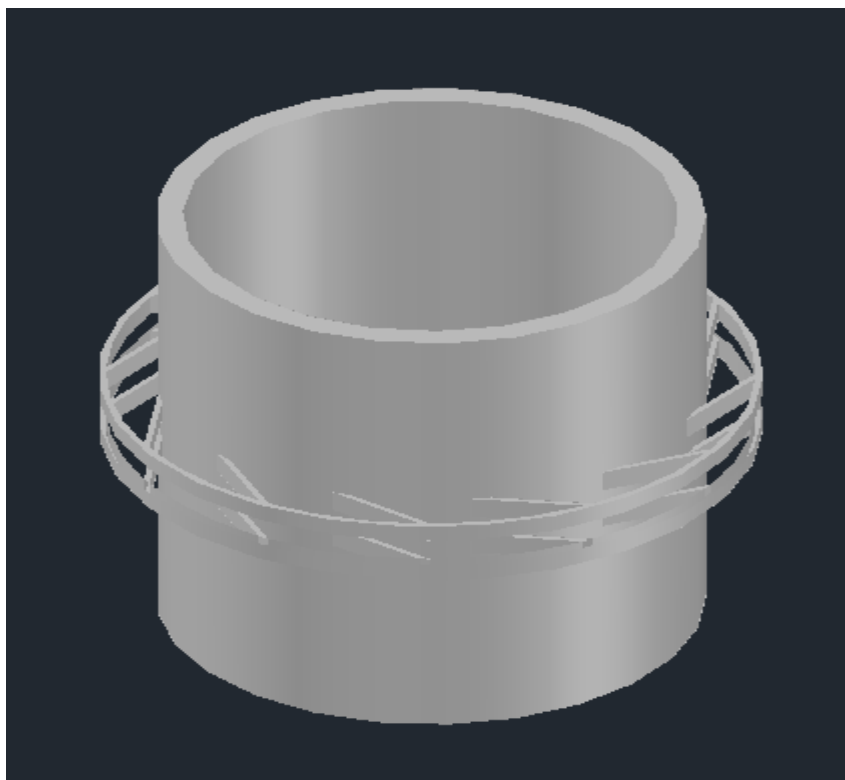


Рис. 5.3 гнучке з'єднання



Рис. 5.4 Будуємо вінцеву шестерню



Рис. 5.5 Нарізаємо зуби

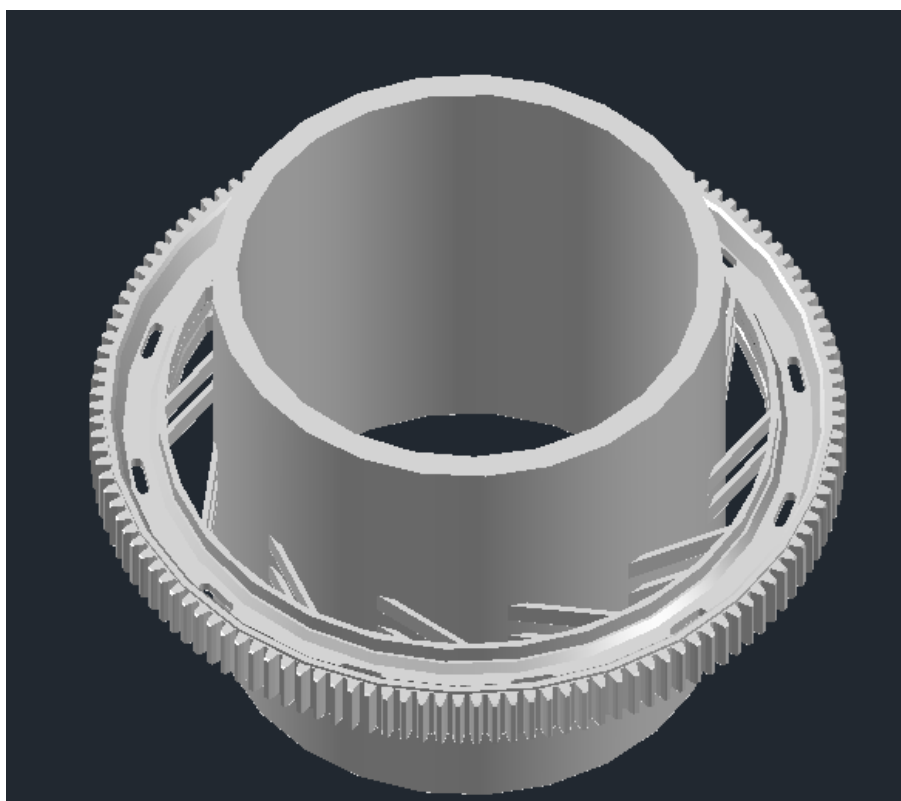


Рис. 5.6 3Д модель привід обертової печі

7.2 РОЗРАХУНОК В СИСТЕМІ ANSYS

ANSYS — це програмне забезпечення, яке було створено компанією ANSYS, Inc.. Пакет дозволяє вирішувати широке коло задач в областях міцності, тепла, гідрогазодинаміки, електромагнетизму, а також міждисциплінарного аналізу, що об'єднує всі чотири області. Дозволяє проводити оптимізацію конструкції на основі усіх вищеперерахованих типів аналізу.

Дозволяє обмінюватись розрахунковими моделями з основними CAE пакетами, а також забезпечує двосторонній зв'язок з багатьма CAD пакетами.

Робота в програмі: Geometry > Import Geometry > Browse... Знайти свій файл. Запустіть програму Design Modeler пункт Geometry в схемі проекту. Для додавання геометрії до проекту натисніть кнопку Generat. Створити додаткову систему координат. Оберати геометрію. Запустіть ANSYS Static Structural Model. Задайте закріплення та навантаження.

Перейдіть в дереві проекту Tree Outline > Static Structural. Закріпіть модель в місцях розташування підшипників. Переключить інструмент вибору графічних об'єктів на Face . Виділіть поверхню в графічному вікні. Натисніть Support > Cylindrical Support, натисніть Apply, для підтвердження обраної геометрії. Встановіть параметри.

Запустіть розрахунок, натисніть кнопку Solve .

Після закінчення розрахунку перегляньте отримані результати. В дереві проекту Tree Outline > Static Structural > Solution нажимаючи на пункти відображаються графічне зображення результатів.

Встановіть масштабування результатів – 1.0 (True Scale).

Задали сітку командою Mesh.

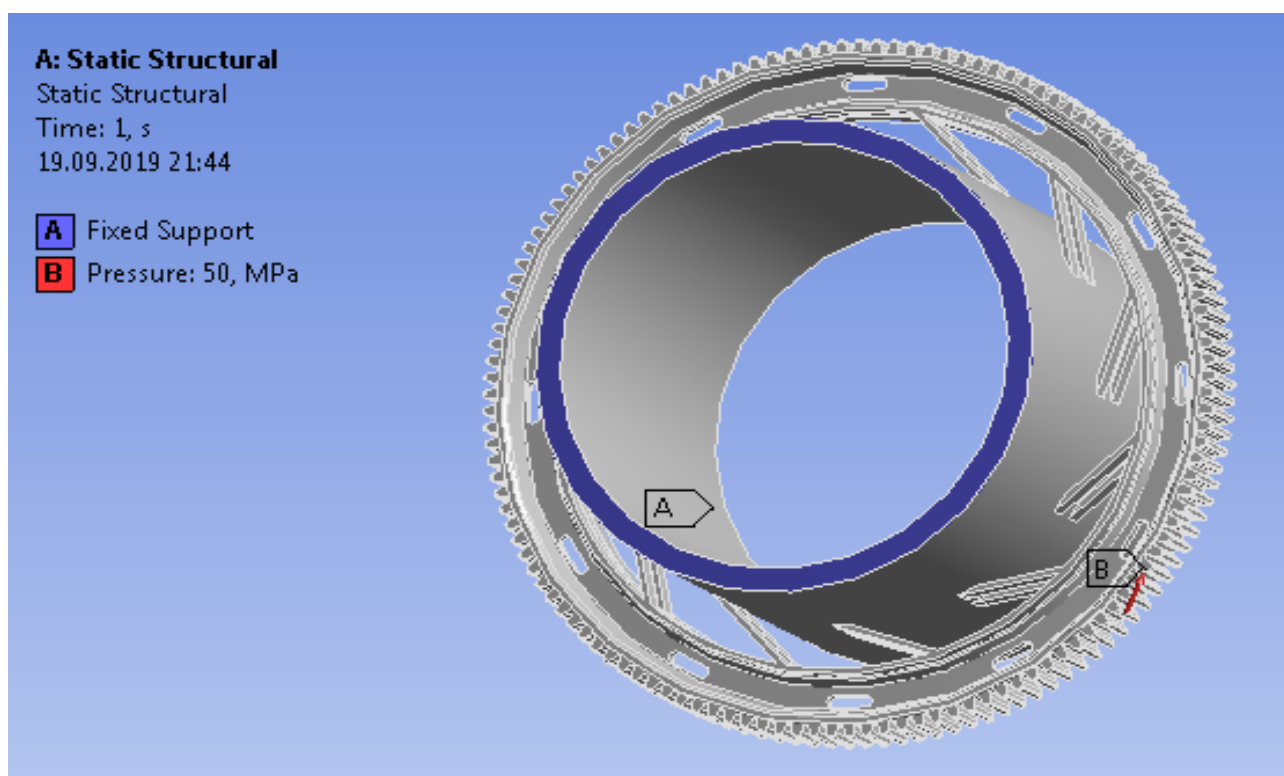


Рис. 6.1 Навантаження модернізованої деталі

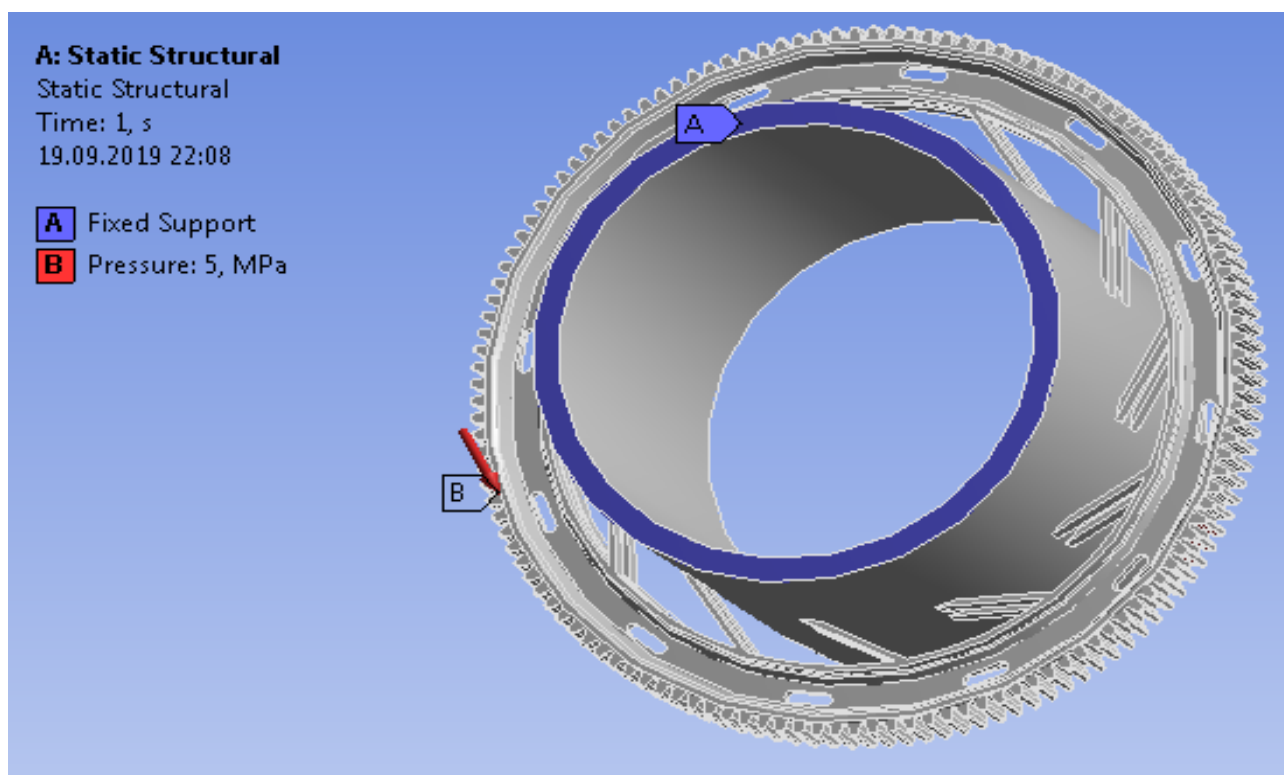


Рис. 6.2 Навантаження не модернізовано

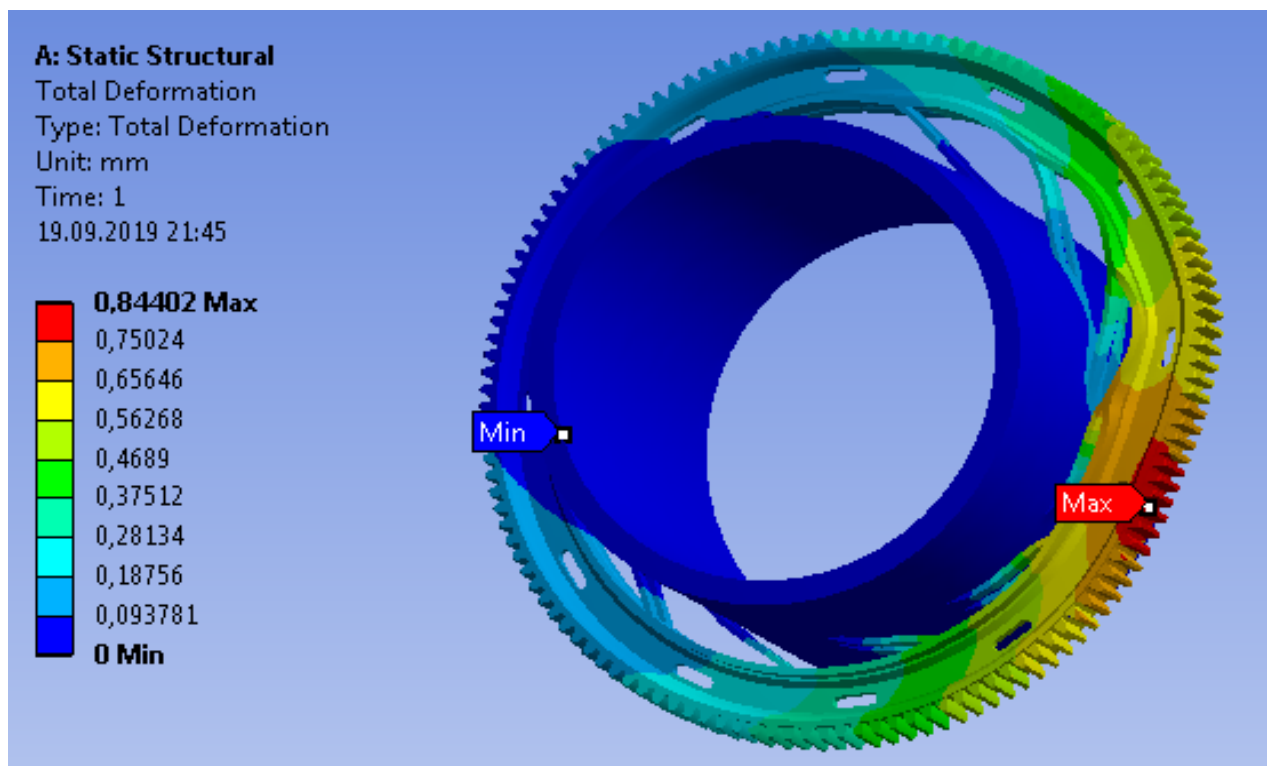


Рис. 6.3 Сумарні переміщення базової деталі

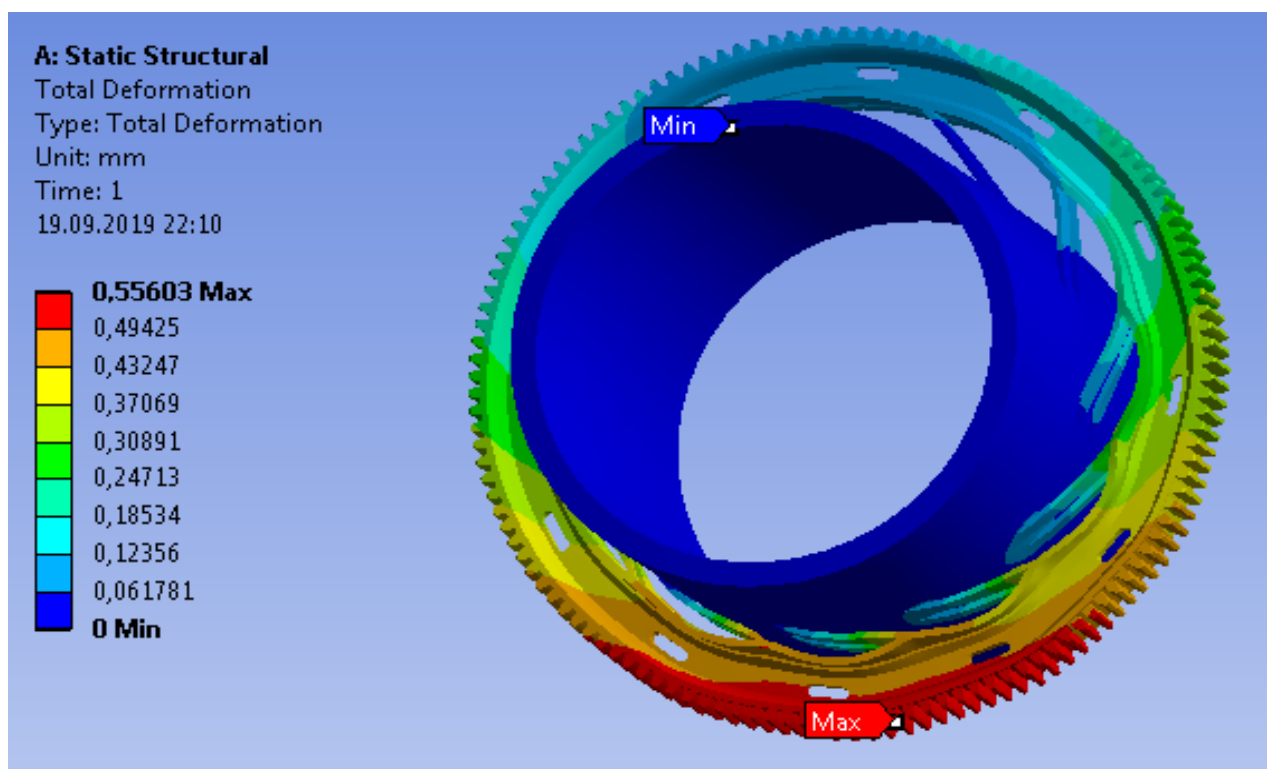


Рис. 6.4 Сумарні переміщення модернізованої деталі

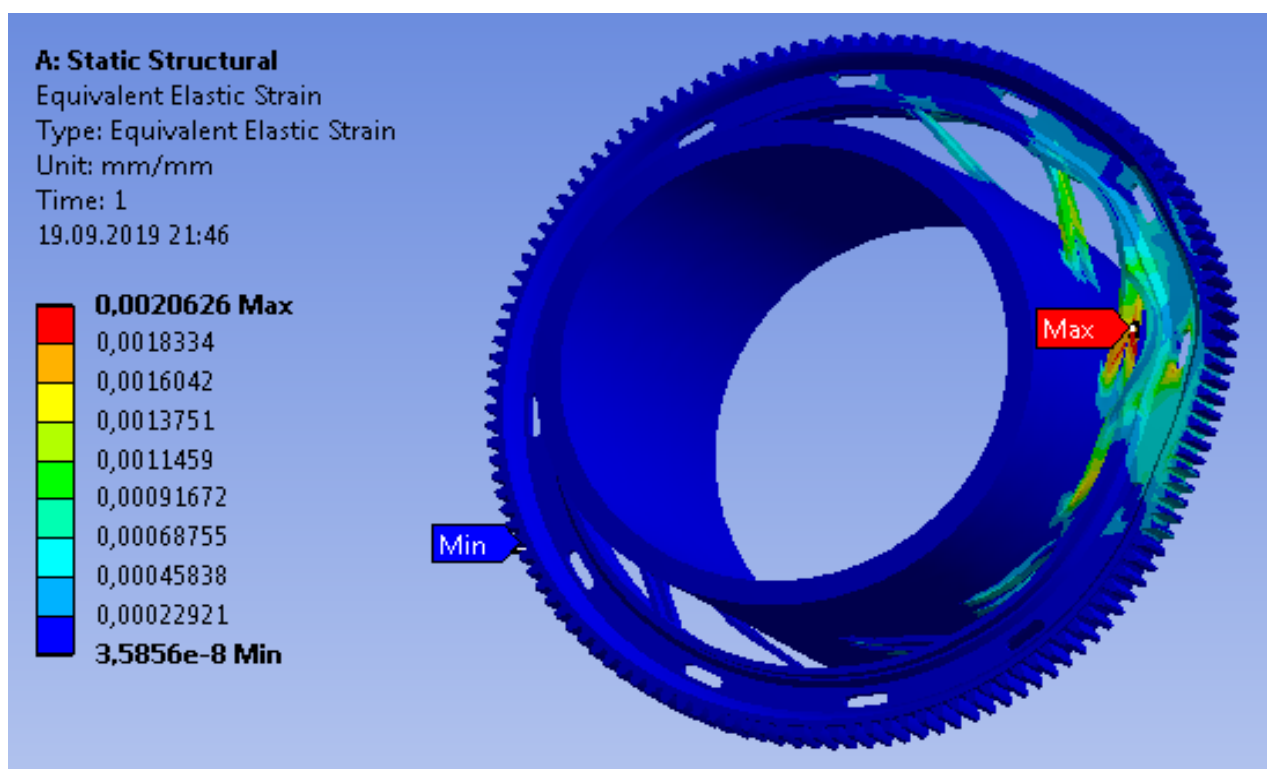


Рис. 6.5 Поле еластичних деформацій без модернізації

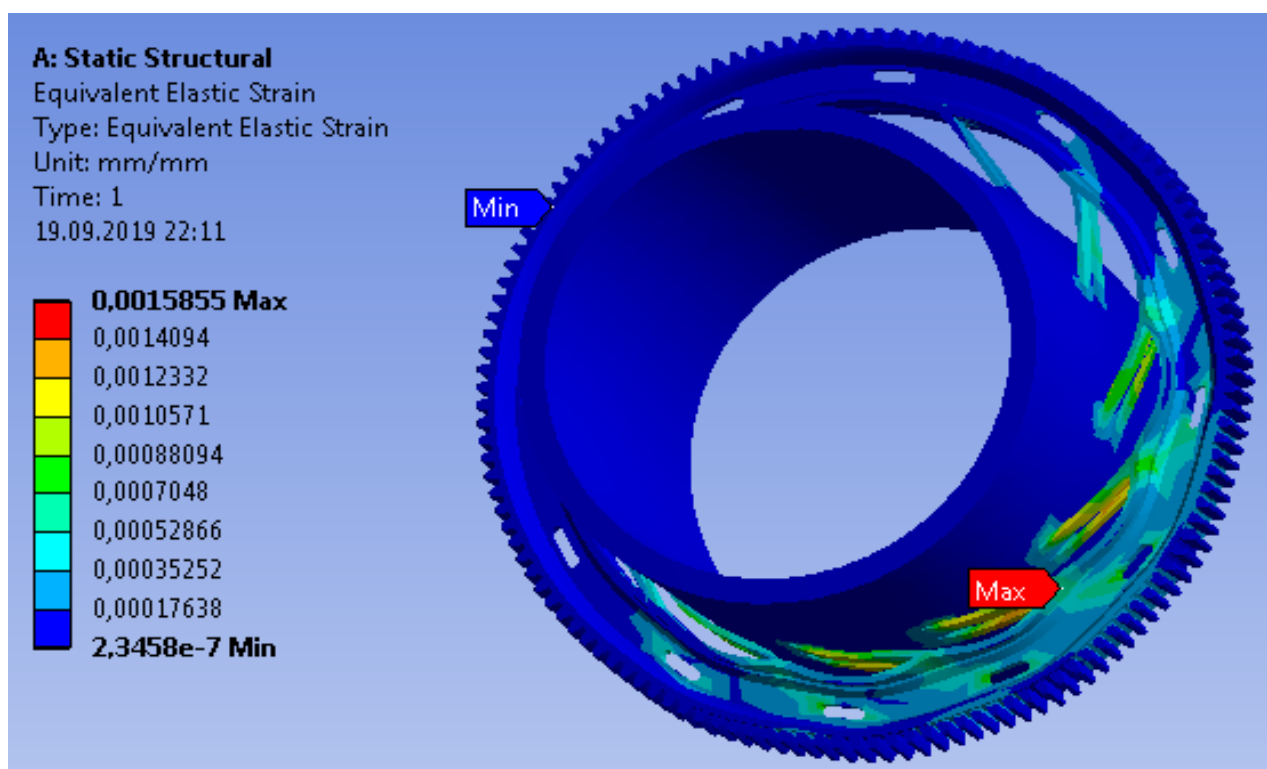


Рис. 6.6 Поле еластичних деформацій з модернізацією

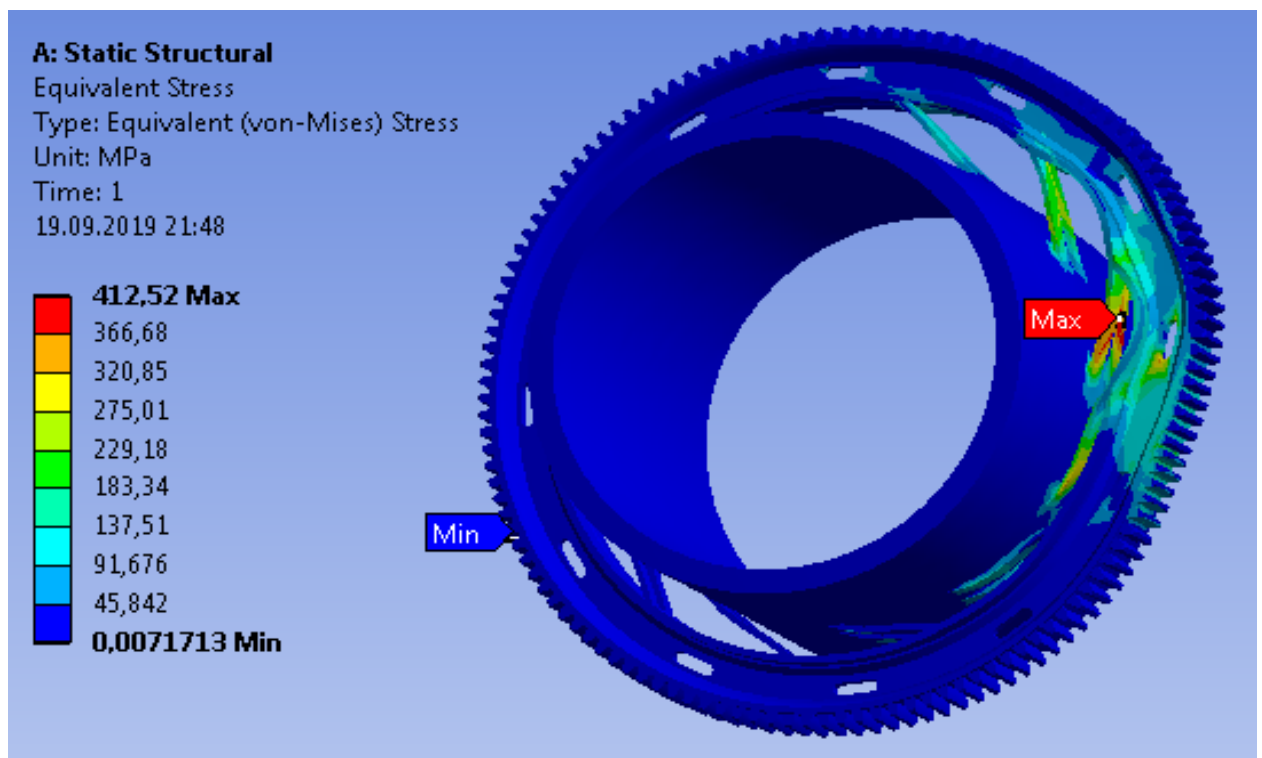


Рис. 6.7 Поле Поле еквівалентних напружень без модернізації

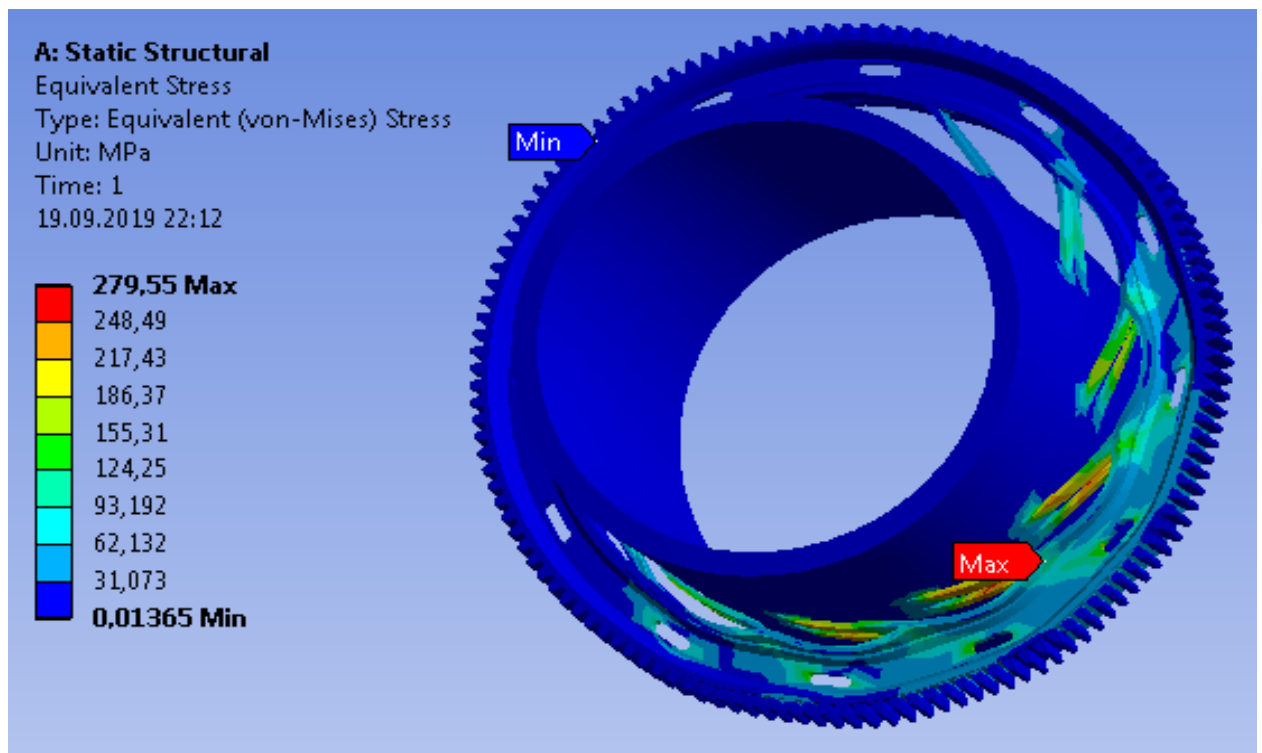


Рис. 6.8 Поле Поле еквівалентних напружень з модернізацією

7.3 Висновки

Розроблено магістерську дисертацію на тему: «Піч для виробництва керамзиту з модернізацією привода».

Магістерська дисертація складається з пояснювальної записки і графічної частини, які повністю висвітлюють сутність модернізації привода.

У пояснювальній записці виконано опис лінії виробництва керамзиту, представлено її технічні характеристики та виконаний опис основних частин машини. У магістерській дисертації зроблені розрахунки на міцність, параметричні та кінематичні розрахунки.

Для модернізації привода печі було обрано патент в якому було запропоновано замінити приводну шестерню на ланцюг. Завдяки цьому рішенню ми отримали розповсюдження напруження по зоні контакту вінцевої шестерні з ланцюгом. Це дозволяє збільшити срок служби привода в цілому.

Також у магістерській дисертації виконаний розділ охорони праці, у якому розглядались небезпека ураження електричним струмом, небезпека впливу частин обладнання, які рухаються та обертаються, виробничий шум, виробнича вібрація, виробниче освітлення, повітря робочої зони та пожежна небезпека лінії фасування рідин у скляні пляшки.

Під час виконання пояснювальної записки було розглянуто питання стартап-проекту, у якому було виявлено, що з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції, конкурентоспроможність проекту поява даного проекту є актуальна. За темою магістерської дисертації були написані тези.

Під час виконання розділу «Технологія монтажу та експлуатації» даної магістерської дисертації було виконано наступне: описано технологію збирання привода та технологію монтажу та експлуатації обертової печі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бауман В. А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: Учебник для строительных вузов. / В. А. Бауман, Б. В. Клушанцев, В. Д. Мартынов. — 2-е изд., пере- раб. — М.: Машиностроение, 1981. — 324 с., ил.
2. Сиденно П. М. Измельчение в химической промышленности. Изд. 2-е, перераб. М., «Химия», 1977 г. 368 стр.
3. Сулименко Л. М. Общая технология силикатов: -М.: ИПФРА-М, 2004. -336 с.
4. Дуда В. Цемент - М.: Стройиздат, 1981.- 464 с.,
5. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г. Підвищення енергоефективності обертових теплових агрегатів / ВЧЕНІ ЗАПИСКИ ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО Серія: Технічні науки Том 29 (68), Ч.2, № 4, 2018, ст. 68-72. URL: http://tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2018/4_2018/part_2/15.pdf
6. Дамдинова Д.Р., Дондуков В.Г. Учебное пособие по дисциплине «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии» 2004, 54 с
7. Абдулханова М.Ю. Механическое оборудование предприятий стройиндустрии: учеб. пособие / М.Ю.Абдулханова, А.М.Колбасин, В.И.Марсов.—:МАДИ, 2014—120 с.
8. Клушаицев Б. В. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации/ Б. В. Клушаицев, А. И.Косарев, Ю. А.Муйземнек. М.: Машиностроение, 1990. 320 с.
9. Щербина В.Ю., Лобко С.С., Васильченко Г.Н., Лелека С.В. О повышении энергоэффективности вращающихся печей // Матеріали для роботи в екстремальних умовах -6: 28 міжнар. конф. — Київ, НТУУ «КПІ», ІФФ, 2016. — С. 374—380. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20392>
10. Машиностроение. Энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Горные машины. Т. IV-24 / Ю.А. Лагунова, АЛ. Комиссаров, В.С. Шестаков и др.; под общ. ред. В.К. Асташева, 2011. 496 с.
10. Машиностроение. Энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. Т. IV-12 М.Б. Генералов, В.П. Александров, В.В. Алексеев и др.; Под общ. ред. М.Б. Генералова. 2004- 832 с.